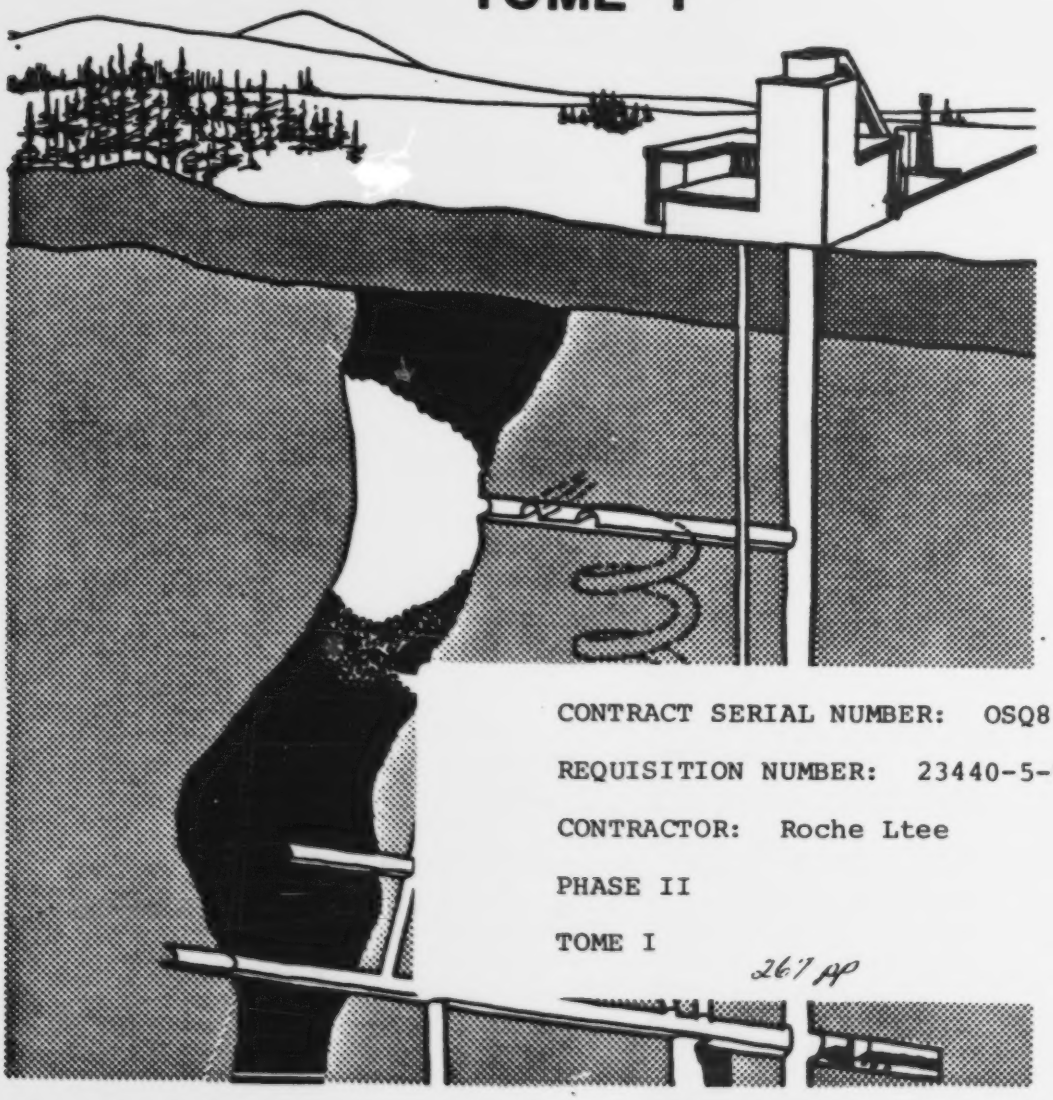
Energy, Mines and Resources Canada
Research and Technology

Énergie, Mines et Ressources Canada
Recherche et Technologie

PILIERS DE SURFACE - PHASE II

TOME I



CONTRACT SERIAL NUMBER: OSQ85-00003

REQUISITION NUMBER: 23440-5-9014

CONTRACTOR: Roche Ltee

PHASE II

TOME I

267 pp

ROCHE Ltée Groupe-conseil MINES

RAPPORT FINAL

AUG 15 1988

MICROMEDIA

ROCHE
Ltée Groupe-conseil

2535, boul. Laurier,
Sainte-Foy,
Québec,
Canada
G1V 4M3
(418) 871 9600
Télex :QBC 051-31593

Sainte-Foy, le 9 octobre 1985

Monsieur Marc Betournay, ing.
Délégué scientifique
CANMET
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 1G1

Objet: Rapport final
Etudes de cas de piliers de surface - Phase II

Monsieur,

Il nous fait plaisir de vous soumettre la version finale du rapport (15 copies françaises et 15 copies anglaises) découlant de cette étude de cas. Ce rapport comprend une partie synthèse ainsi que les dix-huit (18) histoires de cas des mines sélectionnées.

Les données pertinentes aux piliers de surface recueillies parmi les dix-huit mines visitées viennent compléter la Phase I (Etat de la question sur le dimensionnement et la stabilité des piliers de surface) exécutée en 1983-84.

Nous nous sommes efforcés de recueillir le plus d'informations possibles concernant le dimensionnement des piliers, sans toutefois juger de la qualité de la conception des piliers entreprise par telle ou telle mine.

.../2

ROCHE
Ltée Groupe-conseil

L'étude des piliers de surface (Phases I et II) montre le besoin d'établir une procédure de dimensionnement assez flexible pour tenir compte des conditions de terrain variées et en même temps assez concise pour sécuriser le personnel responsable de la conception.

A notre avis, chaque mine devrait ouvrir un dossier sur leur(s) pilier(s) de surface: ce dossier serait évolutif en tenant compte par ordre chronologique des différents travaux et interventions touchant le sujet. Un tel geste contribuerait grandement à conserver et à développer l'expertise dans le dimensionnement des piliers de surface.

Nous espérons que le tout est conforme à vos attentes et demeurons à votre disposition pour tous renseignements supplémentaires.

Veuillez agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments distingués.

Marcel Allard.

Marcel Allard, ing.
Directeur
Division MINES

MA : DJ

Energy, Mines and Resources Canada
Research and Technology

Énergie, Mines et Ressources Canada
Recherche et Technologie

RAPPORT FINAL

ETUDE DE CAS DE PILIERS DE SURFACE: PHASE II

(THIS REPORT IS AVAILABLE IN ENGLISH)

OCTOBRE 1985	VOTRE DOSSIER: # 03SQ.23440-5-9014 NOTRE DOSSIER: # 4649-0000-0000

ROCHE Ltée Groupe-conseil

TABLE DES MATIERES

TOME 1

PAGE

0.0 INTRODUCTION..... i

0.1 MÉTHODOLOGIE iv

0.2 DONNÉES GÉNÉRALES SUR LES MINES VISITÉES..... viii

0.3 PERSONNEL IMPLIQUÉ DANS LA CONCEPTION..... xii

0.4 APPROCHE ET CRITÈRES DE CONCEPTION..... xiii

0.5 GÉOMÉTRIE DES PILIERS xviii

0.6 DISCUSSION ET CONCLUSION..... xxii

ANNEXE : RAPPORTS DE VISITE 1

TOME 2

ANNEXE : RAPPORTS DE VISITE (suite)..... 239

0.0 INTRODUCTION

En 1983, une première étude a été complétée sur le thème de la stabilité et du dimensionnement des piliers de surface. Le but de ce travail était alors de vérifier s'il était possible de dégager une approche générale à la conception des piliers de surface, au moyen d'une recherche bibliographique et de six (6) histoires de cas. Par la même occasion, cette étude a permis de résumer la nomenclature généralement utilisée pour caractériser les différentes sortes de piliers, dont le pilier de surface lui-même.

Suite à ce rapport, il semble s'être créé un consensus, à savoir: que chaque situation est particulière et que le contexte géologique, parfois exrême, d'une propriété exige une approche souvent originale de la conception du ou des piliers de surface. Bref, il n'existe pas de méthode formelle connue.

Afin d'obtenir un échantillonnage plus représentatif de l'ensemble des mines de métaux canadiennes, CANMET a souhaité augmenter le nombre d'histoires de cas. La totalité des cas pourra alors servir à appuyer un éventuel guide de conception, dans lequel, seront identifiées les lignes directrices indispensables à la conception des piliers de surface.

.Mandat et objectifs de l'étude

Le mandat confié au GROUPE-CONSEIL ROCHE consiste à décrire dix-huit (18) exemples de cas de mines canadiennes ayant, ou ayant eu, des piliers de surface; ces mines devant représenter des situations géologiques aussi variées que possible et posséder des piliers de composition et configuration variables.

Dans chacune des histoires de cas, on devra détailler, si possible, les aspects suivants:

-Evaluation générale de la mine
-Positions et responsabilités du personnel affecté au "design"
-Géologie de la région des piliers de surface
-Méthode de conception utilisée
-Méthodes d'opération de la mine
-Evaluation visuelle des piliers de surface

L'objectif ultime du travail est évidemment de dégager, parmi la multitude d'informations compilées à chaque visite, les éléments susceptibles d'aider les opérateurs à concevoir les piliers de surface.

.Contenu de l'étude

La présente étude contient une partie synthèse ainsi que dix-huit (18) sections représentant chacune des mines étudiées.

Dans chacune de ces sections, nous avons tenté de rapporter le plus de faits possibles, sans toutefois, juger

de la qualité des travaux réalisés aux mines. Pour sa part, la partie synthèse se veut une description générale des cas étudiés. L'étude contient des tableaux qui permettent au lecteur de sélectionner les cas qui répondent à ses besoins. Ainsi, une personne intéressée par une situation où il y a en surface une couche d'argile importante, pourra identifier la ou les sections pertinentes à l'aide de ce tableau.

De plus, toutes les histoires de cas ont été compilées sous un même format afin d'en faciliter la présentation. Il est donc tout à fait normal que certains chapitres soient plus développés dans le cas d'une mine que dans une autre. Il se produit même des situations où certains des sujets abordés dans le cadre général de l'étude, ne s'appliquent pas à une propriété en particulier. Ainsi, la mention "aucun travail" signifie, selon le contexte, que le sujet n'est pas pertinent à la propriété, que la direction de la compagnie ne voit pas l'utilité de réaliser ces travaux ou ne l'a pas fait pour diverses raisons.

Finalement, la table des matières de chacune des histoires de cas, tel que reproduite au tableau 0.1, est identique d'un cas à l'autre, sauf pour le premier numéro des chapitres qui identifie les mines et varie de 1 à 18.

(EXEMPLE) TABLE DES MATIERES

		PAGE
	.0 RESUME DE LA VISITE	
(De 1 à 18)	.1 INFORMATIONS GENERALES	
	. Géologie régionale	
	. Géologie locale	
	. Caractéristiques du gisement	
	.2 ENVIRONNEMENT MINIER	
	.3 MORTS-TERRAINS	
	. Etudes et travaux	
	. Stratigraphie et caractéristiques	
	.4 MASSIF ROCHEUX	
	. Nature des roches	
	. Géologie structurale	
	. Caractéristiques	
	.5 CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	
	. Morts-terrains	
	. Massif rocheux	
	.6 OPERATIONS MINIERES	
	. Méthode(s) d'exploitation	
	. Conditions d'opération	
	.7 SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT	
	. Soutènement primaire	
	. Remblayage et renforcement	
	.8 PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE	
	. Mesure des contraintes	
	. Mesure des déplacements	
	. Autres programmes	
	.9 CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	
	. Personnel impliqué	
	. Etapes chronologiques	
	. Facteurs de conception	
	. Dimensions des piliers	
	.10 EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	
	.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	

TABLEAU 0.1

0.1 METHODOLOGIE

.Choix des mines

Le choix des mines a été établi conjointement entre CANMET et le GROUPE-CONSEIL ROCHE LTEE, et fait en fonction des objectifs décrits antérieurement. En outre, le choix a porté sur des opérations établies depuis déjà quelques années, donc, les plus susceptibles d'avoir compilé des données de base.

.Collecte des données

La collecte des informations aux sites désignés a été effectuée par une équipe de deux (2) spécialistes. Généralement, cette équipe était composée d'un ingénieur minier, afin de couvrir tous les aspects liés à l'exploitation souterraine, et d'un ingénieur géologue avec une formation en géotechnique, afin d'évaluer le contexte géologique et les sols.

La compilation de ces informations a été faite durant la visite des sites à l'aide d'un questionnaire de visite commun à tous les cas et rempli à la mine même. Ce questionnaire couvrait les aspects suivants:

- -Informations générales (type de gisement, géologie, etc.)
- -Environnement minier
- -Morts-terrains
- -Massif rocheux
- -Conditions hydrogéologiques

-Opérations minières
-Méthodes de renforcement
-Programmes de surveillance
-Conception des piliers et personnel affecté
-Evaluation visuelle des piliers

La durée des visites a chaque mine était en moyenne de deux (2) jours.

Le personnel des départements de géologie et d'ingénierie ou de mécanique des roches, selon la compagnie, a été rencontré afin d'obtenir leurs points de vue à ce sujet. Par la suite, une tournée des galeries souterraines complétait l'histoire de cas.

.Traitement des données

La quantité de données générales recueillies aux mines était parfois impressionnante. Elle était principalement composée de plans, de rapports descriptifs de la propriété et de résumés de rapports spécifiques.

Nous avons donc dû condenser l'information, en évitant de trop la simplifier. Dans le même ordre d'idées, les schémas apparaissant dans ce texte sont parfois idéalisés par rapport à la réalité. Pour certaines mines, notre équipe a dû produire de nouveaux plans afin de mieux représenter le contexte des piliers de surface. Ils sont toutefois représentatifs de la situation générale rencontrée aux mines, et mettent l'accent sur les éléments qui nous semblent devoir être considérés dans l'évaluation des piliers de surface.

.Définition des termes

Nous croyons qu'il est approprié de définir, dès maintenant, quelques-uns des termes qui reviennent fréquemment dans ce travail, le premier étant l'expression "pilier de surface".

PILIER DE SURFACE: Massif rocheux de géométrie variable, minéralisé ou non, situé au-dessus d'une excavation supérieure de la mine; utilisé pour assurer de façon permanente ou temporaire la stabilité des éléments de surface.

MORTS-TERRAINS : Comprend l'ensemble des sols situés au-dessus du massif rocheux. De composition et d'épaisseur variées, les sols se distinguent du roc par leur très faible cohésion. Ils ont une capacité d'auto-support nulle, à l'échelle des dimensions d'un chantier moyen; ils doivent donc être retenus par les piliers de surface afin de ne pas envahir les chantiers de la mine.

MASSIF ROCHEUX : Le terme inclue tous les types de formations rocheuses, peu importe leur compétence.

PLAN D'EAU : Fait référence, soit à un lac, une rivière, un bassin, etc. Par apposition à la nappe phréatique ou à l'eau contenue dans les interstices des sols ou encore à des veines d'eau souterraines.

CHANTIER SUPERIEUR: Chambre d'exploitation située au niveau supérieur, soit immédiatement au-dessous d'un pilier de surface.

0.2 DONNÉES GÉNÉRALES SUR LES MINES VISITÉES

Dans une étude sur les piliers de surface, certains paramètres seront nécessairement considérés en première analyse. Ils mettent en relief l'environnement de surface et les caractéristiques physiques des gisements. Il est également important de noter la méthode d'exploitation utilisée, s'il y a, ou non, remblayage, ainsi que le taux de pompage moyen.

Les dix-huit (18) cas étudiés sont donc décrits au tableau 0.2 en tenant compte des items suivants:

- Présence de plans d'eau en surface
- Epaisseur des morts-terrains
- Forme du gisement
- Pendage
- Méthode principale de minage
- Utilisation du remblai
- Taux de pompage

Il faut considérer les valeurs du tableau comme des moyennes valables à l'échelle d'une propriété; il peut ainsi arriver qu'au niveau d'un chantier, ces valeurs varient quelque peu.

. Caractéristiques des sols

Le profil type de mort-terrain dans la plupart des mines en est un de déglaciation. Bien souvent, on retrouve un till et des couches d'argile de silt et de sable au-dessus des zones minéralisées. L'épaisseur des sols

ETUDE DE CAS DE PILIERS DE SURFACE - PHASE II

DESCRIPTION GENERALE DES MINES

ITEMS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
.PLAN D'EAU (m)	-	-	3	(1)	-	-	-	7,6	-	(1)	(1)	-	20	-	-	-	-	-
.MORTS-TERRAINS (m)	(2)	(2)	27	36	4	15	5	20	17	16	20	15	3	5	30	9	1.5	(2)
.FORME DE GISEMENT																		
-tabulaire	*				*												*	
-veine simple			*	*				*	*	*	*		*		*			*
-veines multiples		*				*	*							*				
-amas												*				*		
.PENDAGE (degré)	70°	70°	65°	45°	72°	80°	80°	90°	45°	70°	80°	85°	45°	85°	75°	75°	33°	70°
.METHODE PRINCIPALE DE MINAGE																		
-chambre et piliers																	*	
-chambre-magasin					*	*	*		*									
-coupe et remblai			*					*					*					
-abattage par longs trous	*	*		*						*		*		*	N/D	*		*
.UTILISATION DU REMBLAI	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON	NON	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	N/D	OUI	NON	OUI
.TAUX DE POMPAGE(L/S)	13	2.2	13	4.6	11	9.5	17	61	11	32	N/D	17	28	14	56	19	16	25

NOTE (1): PLAN D'EAU ASSECHE

(2): MORTS-TERRAINS DECAPES

TABLEAU 0.2

varie beaucoup d'un site à l'autre. Certaines mines n'ont pas de mort-terrain en surface tandis que d'autres sont situées sous plus de 100 pi (30m) de dépôt d'argile, de sable, etc.

.Contexte géologique

La majorité des mines visitées sont localisées dans les roches volcaniques et/ou sédimentaires précambriennes des provinces Churchill et Supérieur. Les faciès métamorphiques à schistes verts et/ou à amphibolite caractérisent les formations rocheuses contenant la minéralisation. Cependant, deux (2) mines sont situées dans des roches plus jeunes, soient, ordovicienne et silurienne.

.Utilisation des histoires de cas

L'accès à l'information contenue dans les dix-huit (18) histoires de cas est possible en consultant le tableau 0.3. Il complète le tableau 0.2 en précisant les éléments majeurs que l'on retrouvera dans chacune des histoires de cas. Nous entendons par cela, les aspects qui ont été particulièrement bien analysés ou décrits par telle ou telle compagnie, les conditions spéciales existant sur tel ou tel site, etc.

Ceci n'exclue toutefois pas la possibilité que les autres compagnies aient fait du travail dans ces domaines.

ETUDE DE CAS DE PILIERS DE SURFACE - PHASE II

ELEMENTS MAJEURS DES MINES

ITEMS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
CONTEXTE																		
.Dépôts argileux importants			*	*				*	*		*	*		*				
.Altérations prononcées	*			*	*			*						*			*	
.Epontes peu compétentes	*	*	*		*			*					*	*	*	*		
.Epontes très compétentes						*	*			*								
.Mine sèche		*		*														
TRAVAUX																		
.Caractérisation des sols				*				*			*	*						*
.Caractérisation des roches		*																*
.Critères précis de dimensionnement		*							*		*		*	*		*		*
.Mesure des contraintes		*	*							*						*		*
.Profil du roc						*		*			*							
.Injection de coulis								*				*						
.Mesure des déplacements		*								*		*		*		*		*
.Soutènement de béton											*							

TABLEAU 0.3

0.3 PERSONNEL IMPLIQUE DANS LA CONCEPTION DU PILIER DE SURFACE

La conception des ouvrages souterrains en général, et du pilier de surface s'il y a lieu, revient au département d'ingénierie. Cependant, lorsque des conditions extrêmes sont rencontrées, les compagnies font souvent appel à des bureaux d'ingénieurs conseil indépendants. Ceux-ci sont appelés soit à proposer des solutions ou à venir confirmer une étude déjà effectuée par la compagnie.

Lorsque la conception est effectuée par le département d'ingénierie de la mine, i.e dans des conditions les plus générales, l'étude préliminiare revient à l'ingénieur chargé de la planification. Cette étude est généralement effectuée en étroite collaboration avec le département de mécanique des roches, s'il existe, et celui de la géologie. La conception initiale est par la suite approuvée par l'ingénieur en chef, et les autres niveaux supérieurs de la direction.

0.4 APPROCHE ET CRITERES DE CONCEPTION

.Généralités

La procédure suivie lors du dimensionnement des piliers de surface dépend des priorités économiques que les compagnies s'étaient fixées et aussi du niveau technologique régnant au moment de la conception de ces piliers; la période des années 60 et 70 marque un tournant dans l'approche de la conception avec le développement de la mécanique des roches.

Avant ces années, la conception d'un pilier de surface s'appuyait presqu'entièrement sur l'expérience cumulée de quelques personnes ayant oeuvré dans diverses mines. Cette expérience n'était cependant pas traduite sur papier et n'était que trop rarement véhiculée sur la voie publique. A cette époque, les personnes en charge de la conception des piliers de surface avaient une façon de procéder qui découlait de la méthode essais et erreurs, et ces mêmes personnes, sans connaître les derniers développements en mécanique des roches, savaient généralement reconnaître les conditions dangereuses liées à un massif rocheux présentant des discontinuités majeures, des zones d'oxydation, etc.

En pratique, cette manière de procéder résultait, pour les cas de massifs rocheux relativement sains, à des piliers de surface dont l'épaisseur correspondait d'environ deux à quatre fois la largeur du chantier supérieur sous-jacent. Pour les autres cas où le massif rocheux présentait des conditions plus précaires, tel

une zone d'oxydation provoquée par l'infiltration d'eau provenant d'un lac situé juste au droit du pilier, le rapport épaisseur du pilier/largeur du chantier, pouvait varier entre 5 et 8.

La majorité des mines visitées présentent des piliers de surface qui ont été conçus et réalisés au cours de cette période (avant les années 60-70). La principale conséquence, que cette observation met en évidence, est la faible quantité de données pertinentes reliées à la conception: la mécanique des roches était peu développée et les personnes qui étaient responsables du dimensionnement des piliers à cette époque, ne font généralement plus partie du personnel actuellement en place. De plus, tel que constaté durant nos visites aux mines, ces personnes n'avaient généralement pas l'habitude de produire et de conserver des dossiers détaillés sur la procédure de dimensionnement.

Il est à noter qu'au cours des années 60 et 70, la mécanique des roches a connu un développement rapide et a influencé le dimensionnement des piliers en général. Les premiers modèles de comportement du massif rocheux ont été simulés par des calculs numériques développés vers la fin des années 60. Depuis ce temps, les solutions numériques se développent de plus en plus et tiennent compte d'un nombre croissant de paramètres caractérisant les conditions de terrain. Les données recueillies au cours de programmes de terrain et de laboratoire sont filtrées et analysées; ce qui a été remarqué dans le cas de la minorité de mines plus jeunes.

L'ampleur qu'a accordé chaque mine à de tels programmes variait selon les conditions potentiellement dangereuses pouvant affecter la stabilité de leurs piliers pendant les opérations minières.

Dans le but de récupérer leurs piliers de surface ou une partie de ceux-ci, certaines mines ont eu recours à un programme restreint de mécanique des roches, sauf les mines #3 et #18 où un programme plus élaboré fut réalisé pour évaluer l'influence d'une mine à ciel ouvert sur les ouvrages souterrains sous-jacents.

.Critères de conception

Les mines où un véritable cheminement de la conception des piliers de surface a été suivi, sont plutôt rares. Par cela, nous entendons un cheminement qui suivrait plus ou moins les étapes énoncées au tableau 0.4.

Ainsi, parmi les dix-huit (18) cas étudiés, la répartition des méthodes de conception des piliers de surface est la suivante:

METHODE	%
Expérience de terrain	41
Teneur de coupure	18
Calculs mathématiques	29
Relation géométrique	12

Une des approches qui revient souvent est donc celle dite par "expérience". Ce terme est très général et peut être interprété comme une réponse facile, donnée à défaut de pouvoir fournir d'autres explications. Nous ne croyons pas que cela soit véridique.

1. OBSERVATION

.Plan d'eau
.Morts-terrains
.Géométrie des ouvertures
.Fracturation, stabilité générale

2. MESURES

.Propriétés des sols et du roc
.Contraintes et déplacements
.Ecoulement de l'eau

3. ANALYSES QUANTITATIVE ET QUALITATIVE DES DONNEES

4. CONCEPTION

.Expérimentale
.Par calculs mathématiques simples
.Modèles numériques

5. VERIFICATION

.Inspection
.Instrumentation
.Simulation

TABLEAU 0.4

Il faut plutôt comprendre que ces piliers ont été laissés en fonction d'un jugement quelconque, toutefois impossible à préciser, mais généralement valide. En effet, parmi les dix-huit (18) mines visitées, deux (2) seulement ont été surprises par des effondrements de piliers de surface; même s'il en existe évidemment d'autres en dehors de ces cas.

La méthode par calculs mathématiques a été utilisée dans les cas #1, #2, #3, #9 et #18. Dans les deux (2) premiers cas, la théorie de la poutre a été retenue. Dans le troisième et le quatrième cas, des modèles numériques ont été utilisés et dans le dernier, c'est la méthode de la répartition des contraintes (surface tributaire) combinée à la résistance du pilier, obtenue par une relation empirique qui a été utilisée.

Dans 12% des cas, le "design" reposait sur la relation géométrique entre l'épaisseur du pilier de surface et la largeur des chantiers sous-jacents; la largeur étant mesurée entre les épontes du gisement. On se rend toutefois compte que ce rapport varie considérablement, ce qui est généralement dû au fait que les mines établissent un niveau supérieur moyen, au-delà duquel, il ne se fait plus d'exploitation.

Enfin, dans 18% des cas, la teneur ne justifiait plus l'exploitation de la partie supérieure du gisement. Il est à noter que les pourcentages mentionnés ci-haut ont été calculés sur une base de 17 mines: la mine #15 n'a pas à proprement dit de pilier de surface, étant donné que l'exploitation des chantiers n'a pas encore débuté.

0.5 GEOMETRIE DES PILIERS

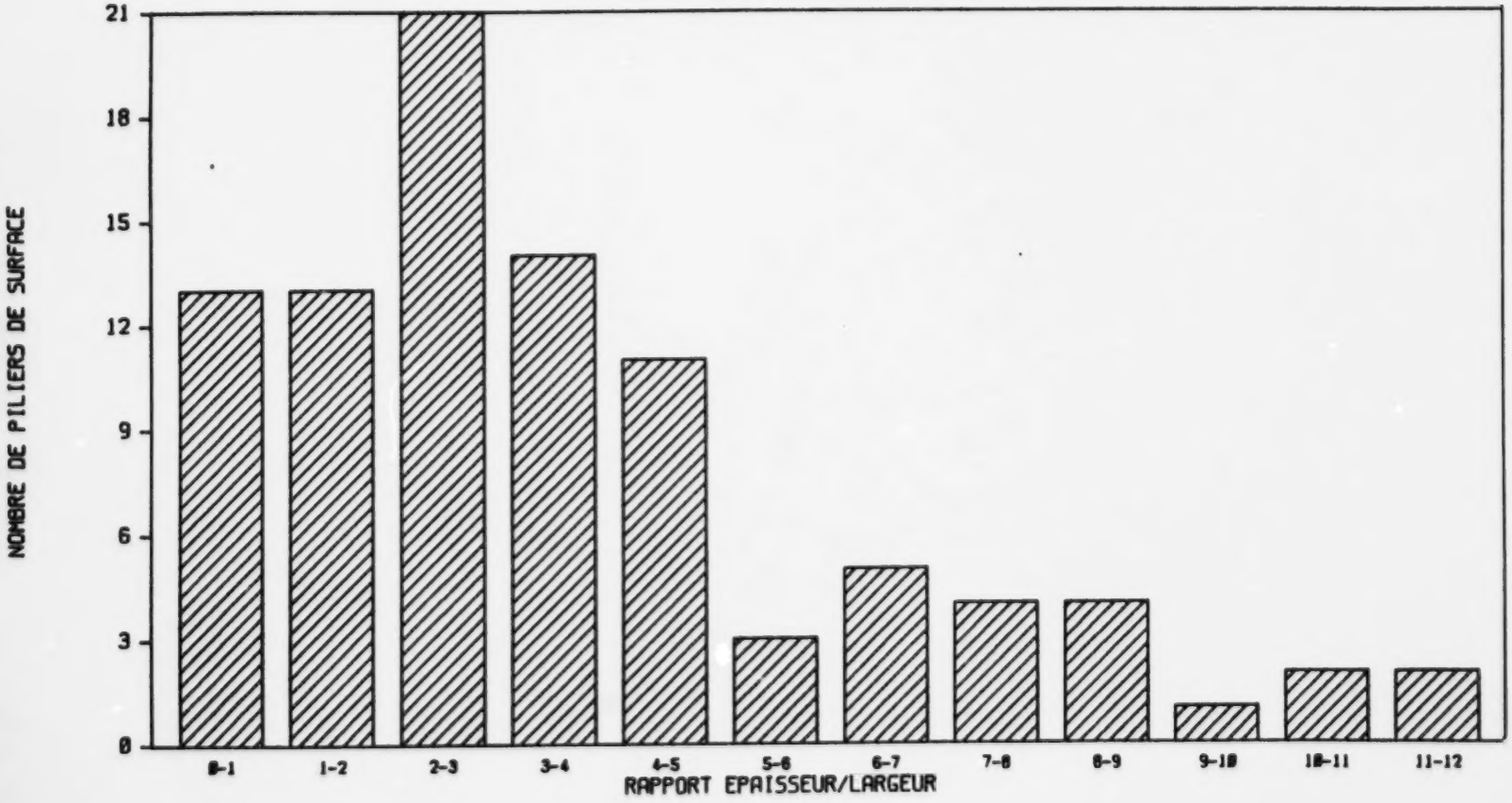
Il y a deux façons de considérer la géométrie des piliers de surface. On peut imaginer le pilier de surface comme un bloc monolithique recouvrant le gisement sur toute la longueur. Ce bloc est alors généralement supporté par des piliers transversaux qui relient les deux (2) épontes et est sous-excavé sur des longueurs variables.

La seconde façon de voir un pilier de surface, consiste à considérer ce dernier comme étant le toit de chacun des chantiers. Comme les chantiers ont une largeur et une longueur bien définies, le pilier aura les mêmes dimensions, en plus d'une épaisseur correspondante à celle du roc situé immédiatement au-dessus. Une propriété pourra alors avoir autant de piliers de surface qu'il y a de chantiers au premier niveau de la mine. C'est d'ailleurs cette approche que nous avons utilisée.

Comme tous les dépôts visités, sauf deux (2), étaient de type tabulaire ou veine, donc plus longs que larges, les piliers de surface présentaient également cette caractéristique commune.

La figure 0.1 représente l'histogramme des rapports "épaisseur/largeur" des piliers de surface. Comme on le remarque, la plage des valeurs est étendue et biaisée vers la droite. Le nombre de cas de piliers de surface rencontrés au cours des visites de mine est 103, cependant nous avons éliminé 9 cas où le rapport "épaisseur/largeur dépassait 12 et où la minéralisation n'était

REPARTITION DES RAPPORTS "EPAISSEUR/LARGEUR"



POPULATION: 94 PILIERS DE SURFACE

Figure 0.1

plus économique. Considérant les 94 cas retenus, nous obtenons une moyenne de 3.7 et un écart-type de 2.7. Cette moyenne se rapproche des valeurs déclarées par certaines directions minières qui nous ont affirmé utiliser des facteurs de 2 à 3 pour la conception de leurs piliers de surface.

Il est à noter que les valeurs situées entre 1 et 2 se rencontrent généralement chez les mines qui ne sont pas recouvertes de morts-terrains, ni de plans d'eau. Les valeurs élevées se retrouvent dans les mines qui sont situées dans un massif rocheux très altéré et fracturé et où l'infiltration d'eau est relativement élevée.

La figure 0.2 illustre la répartition des épaisseurs des piliers de surface. On remarquera que les deux principales populations correspondent aux niveaux d'exploitation 45 et 100 pi (14 et 30 m). Pour les piliers de surface considérés, nous obtenons une moyenne de 108 pi (33 m) avec un écart-type de 80 pi (24 m). En ce qui concerne la largeur des piliers de surface ou des chantiers sous-jacents, l'on obtient 50 pi (15 m) de moyenne et un écart-type de 62 pi (19 m): cette dernière valeur reflète bien la dispersion des largeurs vers des valeurs plus élevées. Le coefficient de corrélation entre la largeur et l'épaisseur des piliers de surface n'est que de 0,44, ce qui signifie que nous ne pouvons pas établir de relation directe, pour l'ensemble de la population, entre la largeur des chantiers supérieurs et l'épaisseur du pilier de surface correspondant.

REPARTITION DES EPAISSEURS

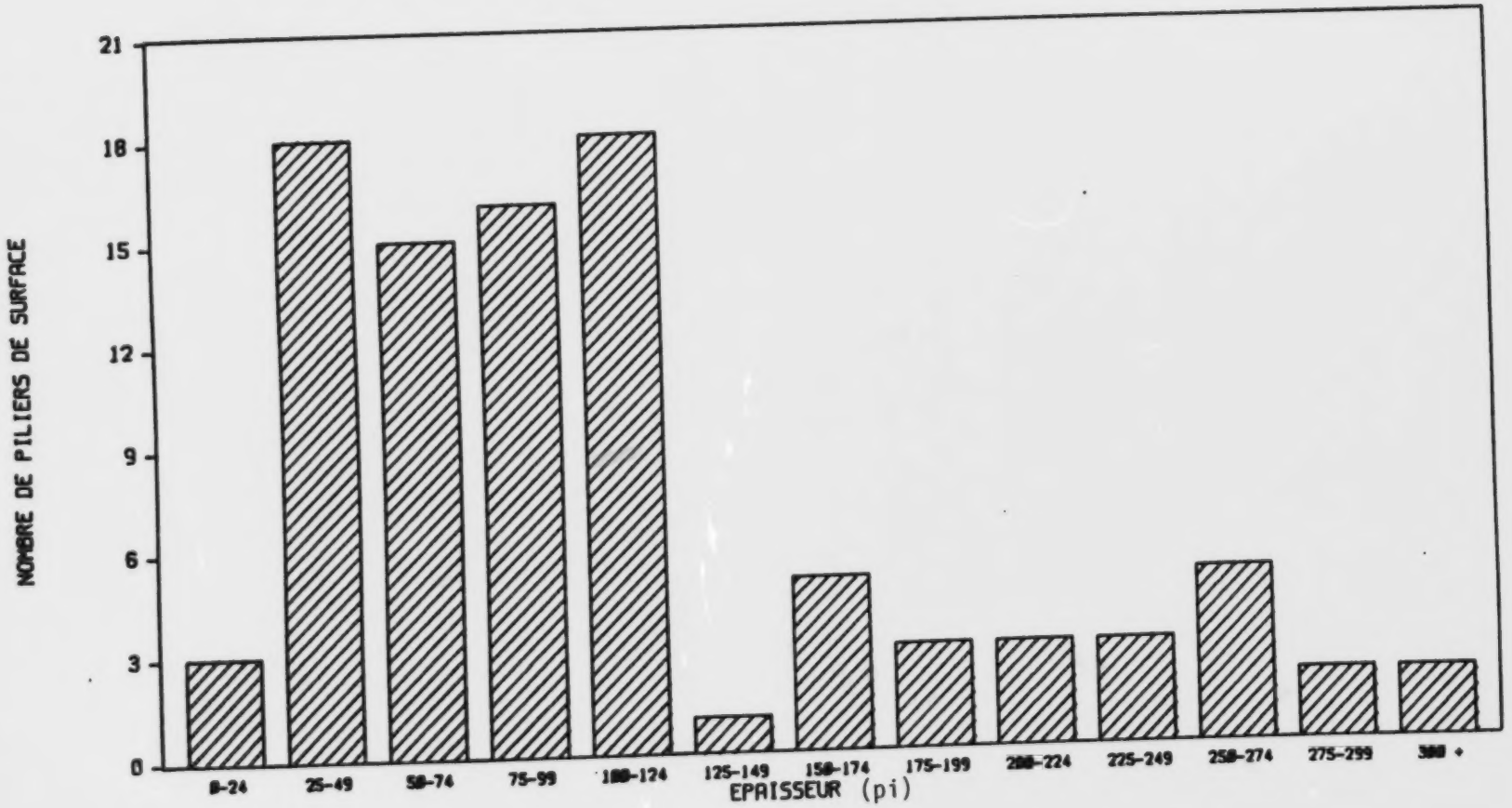


Figure 0.2

POPULATION: 94 PILIERS DE SURFACE

0.6 DISCUSSION ET CONCLUSION

La série de commentaires qui suit, se veut un énoncé de différents points qui ont, soit été discutés avec le personnel, soit constatés au moment des visites.

.Parmi les dix-huit (18) mines visitées, nous n'avons constaté que deux (2) cas d'effondrements de piliers de surface. Tous les autres piliers nous ont parus stables.

.Nous avons constaté que le niveau d'effort déployé dans la conception des piliers est proportionnel aux conditions d'instabilité, soit:

-degré de fracturation élevé du massif rocheux
-zone d'oxydation intense
-plan d'eau en surface
-présence de discontinuités majeures
-épaisseur considérable du mort-terrain
-présence d'infrastructures en surface
-présence de mine(s) à ciel ouvert
-conditions hydrogéologiques

. Seulement sept (7) mines avaient un dossier plus ou moins complet traitant de leurs piliers de surface.

. Aucune mine ne possédait un plan détaillé de leur(s) pilier(s) de surface.

. Les travaux d'investigation de la partie supérieure du massif rocheux sont souvent entrepris par les mines désirant diminuer l'épaisseur des piliers de surface, originalement laissés en place.

. Dans les cas où le gisement n'est pas situé sous un lac et qui affleure en surface, ou qu'une faible épaisseur de mort-terrain (< 20 pi : 6 m) recouvre la zone minéralisée, la philosopie d'approche du dimensionnement est généralement plus simple. L'exploitation des chantiers supérieurs est tout simplement arrêtée sans optimisation de façon à laisser des piliers temporaires d'épaisseur valant le double ou le triple de la largeur des chantiers, et elle est par la suite reprise à partir de la surface.

. L'évaluation générale des piliers de surface effectuée verbalement par chacune des compagnies, repose surtout sur des critères subjectifs. Aucune des mines visitées ne possédaient assez de renseignements pour affirmer que tel ou tel pilier de surface était très sécuritaire ou encore près de l'effondrement. La quantification de la stabilité en terme de facteur de sécurité (approximé) n'est pas encore possible avec les trop grandes variations des propriétés physiques du massif rocheux. Ces variations sous-entendent les discontinuités du massif, l'infiltration d'eau... et compliquent toute approche mathématique (calculs de contraintes) pouvant servir à évaluer la stabilité des piliers et à justifier, si nécessaire, l'instauration de programmes de surveillance.

. Ainsi les programmes de surveillance sont souvent instaurés lorsque des conditions d'instabilité potentiellement élevées sont identifiées physiquement sur le terrain, ou encore après coup, lorsqu'un accident de terrain survient, tel un effondrement dans un chantier ou une subsidence évidente en surface.

. Tout comme le laissait prévoir l'hétérogénéité de la roche en général, les résultats d'essais géomécaniques varient beaucoup pour un même type d'essai. Comme exemple, les résistances en compression peuvent varier de $\pm$ 10 à $\pm$ 50%.

. En général, les résultats d'essais géomécaniques donnés dans cette étude proviennent de rapports émis par des consultants extérieurs ou encore des étudiants au niveau de la maîtrise ou du doctorat qui ont été engagés par les mines concernées.

. Nos évaluations visuelles des différents piliers de surface ont permis de constater que les conditions de stabilité et la qualité du massif rocheux peuvent varier grandement dans un même chantier. Toute approche visant à établir une appréciation de la stabilité pour un pilier donné devrait s'appuyer non pas seulement sur une étude générale, mais plus spécifiquement sur un ensemble de programmes spécifiques découlant d'un zonage du pilier de surface, y compris les murs et les piliers de support.

. A notre avis, l'ensemble des donnés pertinentes aux piliers de surface ne permet pas de dégager une

une procédure de dimensionnement basée sur une analyse quantitative des forces en jeu dans le massif rocheux recouvrant le(s) chantier(s) supérieur(s). Nous croyons cependant que les mines possèdent assez d'outils pour élaborer une évaluation semi quantitative dans laquelle seraient intégrés l'expérience pratique des dirigeants miniers et les développements récents de la mécanique des roches.

Serge Nantel

Serge Nantel, ing.
Chargé de projets

Denis Lessard

Denis Lessard, ing. M.Sc.
Ingénieur de projets

MINE # 1

TABLE DES MATIERES

		PAGE
1.0	RESUME DE LA VISITE	1
1.1	INFORMATIONS GENERALES	5
	.Géologie régionale	
	.Géologie locale	
	.Caractéristiques du gisement	
1.2	ENVIRONNEMENT MINIER	9
1.3	MORTS-TERRAINS	10
	.Etudes et travaux	
	.Stratigraphie et caractéristiques	
1.4	MASSIF ROCHEUX	12
	.Nature des roches	
	.Géologie structurale	
	.Caractéristiques	
1.5	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	16
	.Morts-terrains	
	.Massif rocheux	
1.6	OPERATIONS MINIERES	17
	.Méthode(s) d'exploitation	
	.Conditions d'opération	
1.7	SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT	20
	.Soutènement primaire	
	.Remblayage et renforcement	
1.8	PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE	22
	.Mesure des contraintes	
	.Mesure des déplacements	
	.Autres programmes	
1.9	CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	24
	.Personnel impliqué	
	.Etapes chronologiques	
	.Facteurs de conception	
	.Dimensions des piliers	
1.10	EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	29
1.11	COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	31

1.0 RESUME DE LA VISITE

Le gisement est constitué de sulfures massifs minéralisés en cuivre et en zinc. La partie supérieure du dépôt montre une forme tabulaire de 1500 pi (460m) de longueur, 100 pi (30m) de largeur et un pendage de 70° NO. Les épontes sont principalement constituées de gneiss.

Le mort-terrain, d'épaisseur variant entre 20 et 30 pi (6 et 9m) a été enlevé au-dessus des piliers de surface. Des sables et des graviers constituaient cette couche de mort-terrain.

Un lac situé au voisinage du gisement a été asséché. Dans le massif rocheux, le débit d'eau pompé reste faible avec des valeurs de 170 à 180 IGPM (13 l/s) pour l'ensemble de la mine. Ces valeurs incluent les eaux de remblais et d'équipements.

Les piliers de surface montrent une épaisseur moyenne de 30 pi (9m) et recouvrent huit (8) chantiers dont deux (2) seulement sont entièrement remblayés. Aucun programme particulier de surveillance n'a été développé pour les chantiers supérieurs. Les chantiers supérieurs ont été forés à partir de la surface, à l'aide d'un patron de forage de 10 pi x 10 pi (3m x 3m) et de longs trous (200 pi:60m) à grand diamètre 6½ po (16.5 cm). Les épontes montrent des roches compétentes dans la plupart des chantiers. Un programme de mécanique des roches a été établi en 1969-70 et a permis d'établir par extrapolation une analyse de stabilité du pilier de surface basée sur la théorie de la poutre.

Des piliers de paroi ont été laissés pour le soutènement primaire. Les piliers de surface seront éventuellement exploités.

1.1 INFORMATIONS GENERALES

. Géologie régionale

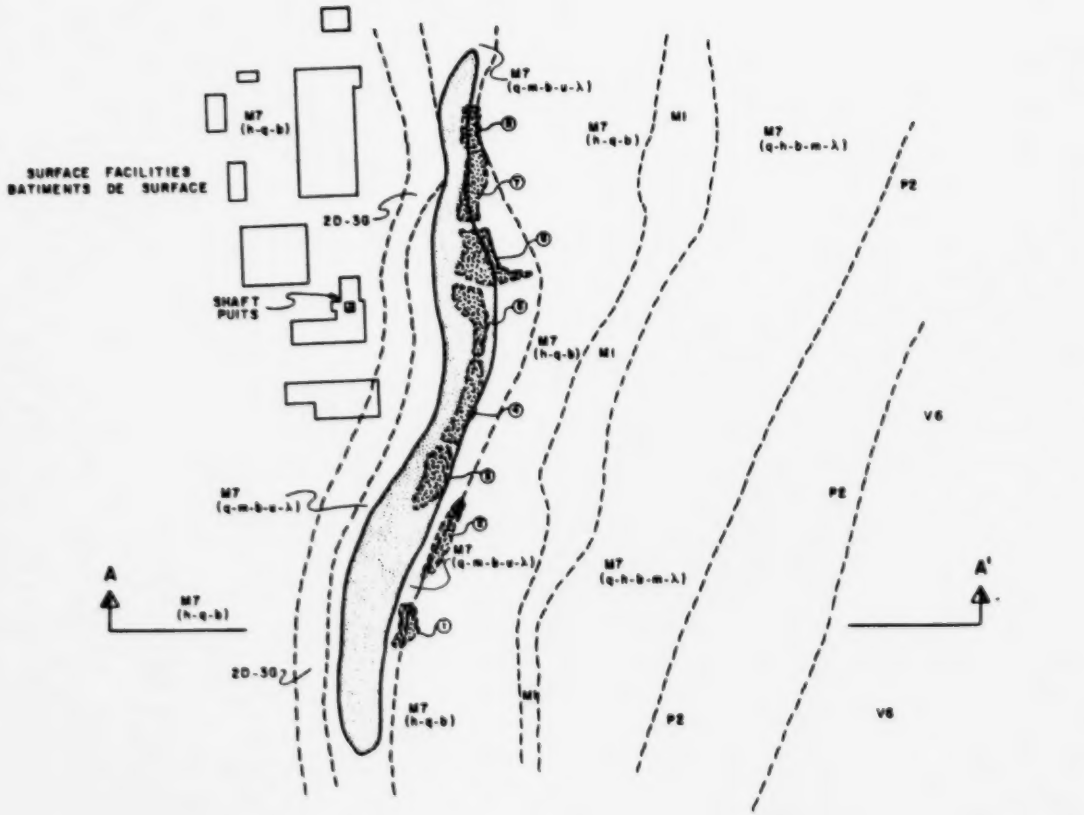
La propriété minière est située dans la province Churchill, soit plus précisément dans des roches métavolcaniques mafiques à intermédiaires. Une faille majeure orientée NE-SO traverse la région. Les roches métavolcaniques sont bordées au nord par des granites et gneiss granitoïdes et au sud par des métasédiments. Toutes ces formations sont d'âge précambrien et forment une ceinture de roches métavolcaniques et métasédimentaires plissées. Le faciès amphibolite caractérise la région.

. Géologie locale

La zone minéralisée est située dans une zone d'altération constituée de gneiss à biotite, à séricite et à amphiboles. Du côté sud du gisement on observe des roches dioritiques et gabbroïques situées au contact de la zone d'altération et, plus loin, des gneiss à quartz-hornblende et parfois biotite. Du côté nord se succèdent des gneiss semblables à ceux décrits dans la partie sud, des sédiments schisteux contenant un peu de sulfures et encore des gneiss (voir figures 1.1 et 1.2).

. Caractéristiques du gisement

Le gisement est un dépôt de sulfures massifs et disséminés du type volcanogénique. La minéralisation est composée de cuivre, de zinc et en très faible quantité d'or et d'argent.



LEGEND - LEGENDE

SUFFIX - SUFFIXES

b: biotite
h: hornblende
m: muscovite
q: quartz
u: amphibole
λ: sericite
séricite

SYMBOLS - SYMBOLES

Sulphide zone (copper - zinc)
Zone de sulphure (cuivre - zinc)

M1 Slatey sediments
Sédiments schisteux

M7 Gneiss

P2 Arkose

V6 Andesite
Andésite

2D-3G Diorite - Gabbro

Upper stopes
Chantiers supérieurs

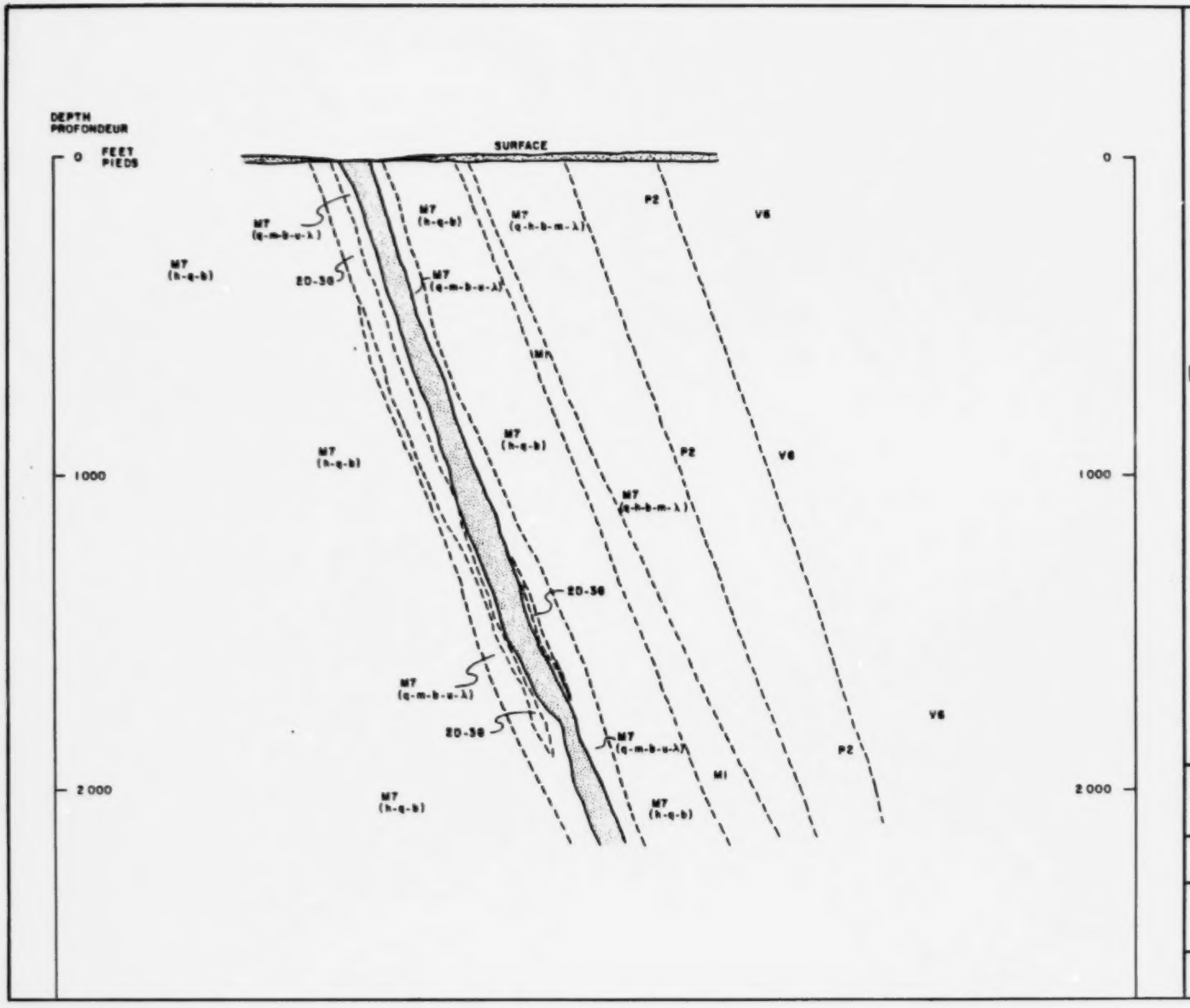
0 100 200
FEET - PIEDS

NOCHE

MINE "I" MINE

SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE

Date	Figure
06/85	1.1



LEGEND - LEGENDE

SUFFIX - SUFFIXES

b : biotite	q : quartz
h : hornblende	u : amphibole
m : muscovite	λ : sericite séricite

SYMBOLS - SYMBOLES

- Sulphide zone (copper - zinc) / Zone de sulphure (cuivre - zinc)
- MI — Slaty sediments / Sédiments schisteux
- M7 — Gneiss
- P2 — Arkose
- V6 — Andesite / Andésite
- ZD-36 — Diorite - Gabbro

SECTION
COUPE A-A'

noche
associés ltée
Groupe conseil
2535, boul. Laurier
Sainte-Foy, Québec
G1V 4M3 Canada
(418) 871-9800
Telex (29) 051-31980

MINE "I" MINE

GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE

Date	Figure
06/85	1.2

Les sulfures massifs montrent une forme tabulaire qui se divise en deux lentilles distinctes à plus grande profondeur. Les dimensions du gisement sont:

longueur	largeur	profondeur
1500 pi (460m)	100 pi (30m)	2 900 pi (880m)

Le gisement est orienté N72°E et montre un pendage de 70° NO.

La production est continuelle et près de 3000t sont exploitées journalièrement.

1.2 ENVIRONNEMENT MINIER

Aucune infrastructure n'est située directement sur les piliers de surface. Le massif rocheux est recouvert de sols d'origine glaciaire. Depuis le début de l'exploitation de la mine, aucun tassement n'a été observé en surface.

Les bureaux de la mine et le puits principal sont situés à proximité des piliers de surface, à environ 200 pi (60m) de celui-ci (voir figure 1.1)

Aucune autre mine ou excavation importante n'est située dans le voisinage de la mine visitée.

1.3 MORTS-TERRAINS

. Etudes et travaux

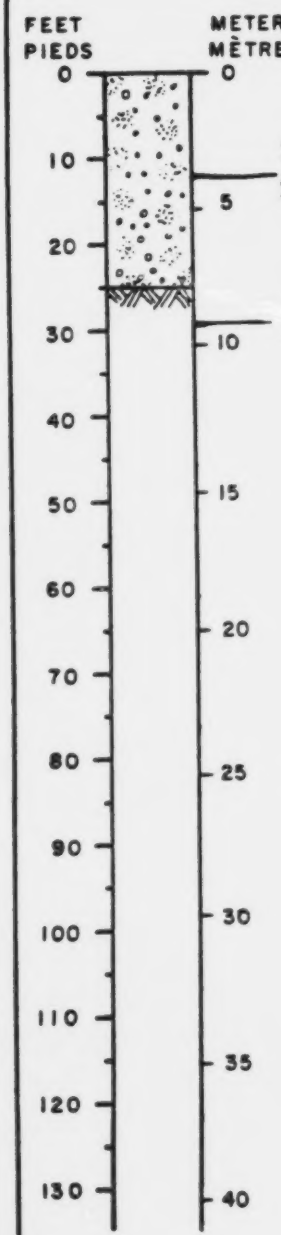
Aucune étude géotechnique n'a été menée sur les sols reposant sur le pilier de surface. Ces sols, d'une épaisseur variant de 20 à 30 pieds (6-9m), ont été asséchés et enlevés pour permettre le forage de trous de minage à partir de la surface. Présentement, les piliers de surface sont recouverts par endroits de "cutting" et de sédiments transportés par les eaux de surface . D'après la direction de la mine, il y aurait présentement tout au plus 4 à 5 pieds d'épaisseur de matériel meuble sur les piliers de surface.

Des études de sols de la région, ont déjà été entreprises pour trouver des matériaux adéquats pouvant servir de remblai dans les chantiers.

. Stratigraphie et caractéristiques:

Les sols qui recouvraient les piliers de surface étaient constitués surtout de sable et de gravier d'origine glaciaire (voir figure 1.3).

SOIL STRATIGRAPHY
STRATIGRAPHIE DU SOL



Sand and gravel, glacial origin
Sable et gravier d'origine glaciaire

Bedrock
Socle rocheux

NOTE: Overburden removed on top of the orebody

Morts-terrains enlevés au-dessus du gisement

ROCHE associés Rée Groupe-conseil 2535, boul Laurier, Sainte-Foy, Québec G1V 4M3 Canada (418) 871 9800 Télex QBC 051 31593	MINE # 1 MINE	Date 07-1985	Figure 1.3

1.4 MASSIF ROCHEUX

. Nature des roches

Les roches contenant le gisement se détaillent comme suit:

Éponte inférieure: gneiss (à quartz, mica, séricite, amphibole) et dykes de gabbro et de diorite.

Gisement: sulfures massifs et disséminés.

Éponte supérieure: gneiss (à quartz, mica, séricite, amphibole) et sédiments schisteux.

Une zone d'altération variant de 40 à 100 pi (12-30m) épaisseur entoure le gisement. Cette zone est constituée de quartz, de séricite, de micas (biotite et muscovite) et d'amphiboles.

. Géologie structurale

Aucune structure géologique majeure n'a été cartographiée ou repérée dans la mine: les plans de glissement ou les failles importantes sont très rares.

Les joints n'ont pas fait l'objet d'étude particulière. D'après la direction minière, seulement un chantier supérieur possède un toit montrant un haut degré de fracturation. Comme mesure de protection, une épaisseur supplémentaire de 10 pi (3m) de roche a été laissée dans le toit de ce chantier.

La gneissosité demeure pratiquement parallèle à l'orientation du gisement.

.Caractéristiques

Au cours des années 1969-70, une série de tests effectués sur des échantillons de roche prélevés dans la partie supérieure de la mine, i.e. en haut du niveau 2 000, a donné les résultats compilés dans le tableau 1.1.

La densité moyenne des roches formant les épontes est de l'ordre de 2.9 et celle des sulfures massifs 4.4.

Des essais particuliers ont été effectués selon une direction perpendiculaire au plan de gneissossité et selon des angles inférieurs à 50° par rapport à ce plan. Les résultats obtenus sont présentés ci-après selon la provenance des échantillons:

Direction de la force appliquée	épontes	module de Young psix 10^6 (GPa)	rapport de Poisson
perpendiculaire au plan de gneissosité	supérieure	15.4 (106)	0.21
	inférieure	8.7 (60)	0.06
moins de 50° p/r au plan de gneissosité	supérieure	14.8 (102)	0.23
	inférieure	11.6 (80)	0.19

ROCK CHARACTERISTICS

CARACTÉRISTIQUES DE LA ROCHE

TABLE 1.1

TABLEAU 1.1

LOCATION EMPLACEMENT		WALLS EPONTES			OREBODY GISEMENT		WALLS EPONTES		
ROCK TYPE TYPE DE ROCHE		gneiss(quartz-mica amphibole)	gneiss (quartz-hornblende)	gneiss (quartz-feldspath - hornblende)	massive sulphides sulfures massifs	disseminated sulphides sulfures disséminés	basic siliceous rocks roches basiques silicifiées	basic rocks with fine and medium texture roche basique à texture moyenne et fine	gneiss (quartz-biotite)
DENSITY DENSITÉ		2.9			4.4		2.9		
COMPRESSIVE STRENGTH RÉSISTANCE EN COMPRESSION	psi x 10^3 (MPa)	13.1 (90)	-	24.6 (170)	13.9 (96)		28.7 (198)	24.6 (170)	23.8 (164)
SHEAR STRENGTH RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT	psi x 10^3 (MPa)								
TENSILE STRENGTH RÉSISTANCE EN TENSION	psi x 10^3 (MPa)								
POINT LOAD STRENGTH INDICE DE DOUBLE POINCONNEMENT	psi x 10^3 (MPa)								
POISSON'S RATIO RAPPORT DE POISSON		0.10	0.25	0.07	0.16	0.08	0.10	0.07	0.16
YOUNG'S MODULUS MODULE DE YOUNG	psi x 10^6 (G Pa)	8.8 (61)	11.2 (77)	11.2 (77)	16.8 (116)	12.2 (84)	8.3 (57)	11.2 (77)	11.7 (81)
RQD %									
GEOMECHANICAL CLASSIFICATION CLASSIFICATION GÉOMÉCANIQUE									

La résistance en compression de la plupart des roches est significativement réduite si la force est appliquée selon un angle faible par rapport à la gneissosité.

Les résultats de ces tests géomécaniques ont aidé à la conception du pilier de surface: ils ont servi à caractériser le pilier et évaluer sa résistance à l'aide de la théorie de la poutre.

Aucune valeur de R.Q.D n'a été calculée et l'utilisation de classifications géomécaniques est inexistante.

Les contacts entre les épontes et les gisements sont généralement distincts et aucun décrochement majeur n'a été observé. Seules quelques zones locales de cisaillement ont été observées.

1.5 CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES

. Morts-terrains

Les conditions hydrogéologiques de surface ont été modifiées. Un lac situé au voisinage immédiat de la zone minéralisée a été asséché. Les sols situés sur le pilier de surface ont été également asséchés et enlevés par la suite.

. Massif rocheux

Dans le massif rocheux, la perméabilité semble très basse: seulement 170 à 180 IGPM (13 l/s) sont pompés de la mine vers la surface. Une partie de cette eau provient des remblais hydrauliques (30 IGPM) (2.2 l/s) et de l'équipement minier. Trois systèmes de pompage majeurs sont distribués aux niveaux 1200, 2300 et 2900.

Au cours de l'exploitation du niveau 200, plusieurs entrées d'eau ont dû être colmatées; l'eau passait par les trous d'exploration qui n'avaient pas été bouchés.

1.6 OPERATIONS MINIERES

.Méthode(s) d'exploitation

Le gisement est exploité par la méthode des longs trous et chantiers ouverts remblayés après un délai variant de quatre (4) à six (6) mois. La figure (1.4) illustre les dimensions des chantiers et piliers des différents niveaux de la mine.

.Conditions d'opération

Les chantiers sont généralement minés de la façon suivante: des sous-niveaux sont creusés dans le gisement et, à partir de ces sous-niveaux, des séries de trous dispersés en éventail et orientés dans un plan vertical sont forés. Les niveaux supérieurs ont été exploités jusqu'à date par des trous à grand diamètre (6½ po: 16.5cm): la partie supérieure des chantiers située entre 30 et 200 pi (9-60 m) de profondeur a été forée à partir de la surface.

Les patrons de forage utilisés sont:

Trous à grand diamètre: diamètre: 6½ po (16,5cm)
patron de 10 x 10 pi (3m x 3m)
profondeur: 200 pi (60m) maximum
écartement maximum: 18 pi (5,5m)

LONGITUDINAL SECTION

COUPE LONGITUDINALE

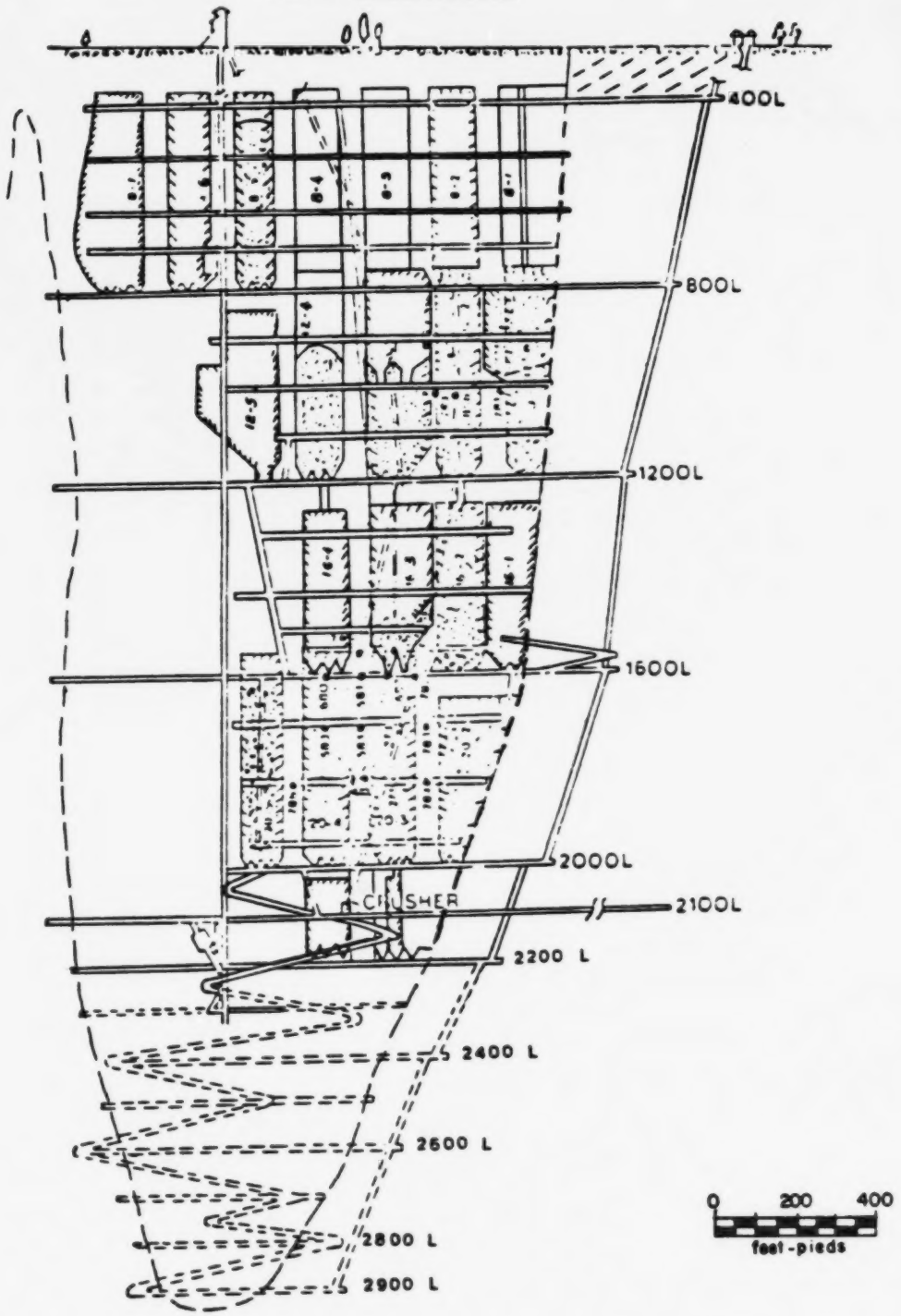


Figure 1.4

Trous conventionnels: diamètre: 2 po (5cm)
patron: éventails verticaux
espacés de 4 pi (1,2m)
profondeur: 100 pi (30m)
écartement maximum: 8 pi (2,4m)

Le pourcentage d'extraction est environ 80% et après le dépilage il voisine 100%. La dilution des chantiers supérieurs varie de 10% à 12% tandis que les chantiers situés à grande profondeur montrent une dilution d'environ 20%.

La séquence de minage se résume comme suit:

1- Exploitation de nombreux chantiers situés entre les niveaux 800 et 2000.
2- Extension des travaux en-dessous du niveau 2000: creusage d'une rampe.
3- Exploitation de nombreux chantiers situés entre les niveaux 200 et 800.
4- Exploitation des piliers de surface à partir du niveau 200 jusqu'à 30 pi (9m) sous le contact sol-roc.

Le délai entre la fin de l'extraction du minerai dans un chantier supérieur et le remblayage de celui-ci varie de quelques mois à quelques années. Parmi les neuf chantiers supérieurs, cinq sont remblayés, un partiellement remblayé et trois non remblayés.

1.7 SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT

. Soutènement primaire

Quelques piliers de paroi ont été laissés comme supports primaires soutenant le pilier de surface

. Remblayage et renforcement

Au niveau 200, des boulons conventionnels ont été posés dans quelques zones limitées où le degré de fracturation était élevé.

Au cours du forage de la tranche minéralisée (niveaux 200-400) à partir du niveau 200, des structures de retenue en bois ont été érigées afin d'arrêter l'affaissement du toit dans un des chantiers en développement.

Dans les chantiers actifs situés plus en profondeur des boulons conventionnels sont posés systématiquement. Des boulons de type "swellex" sont utilisés depuis un an: ces boulons représentent environ 5% de l'ensemble des boulons nouvellement installés. Les treillis métalliques couvrent environ 10% des surfaces des galeries. L'utilisation de câbles est peu fréquente.

Les chantiers remblayés ne possèdent pas tous la même sorte de remblai: les chantiers situés en-dessous du niveau 400 peuvent être remplis de sable et gravier, de roche stérile, de résidus miniers ou encore de résidus miniers cimentés (3% ciment).

Les chantiers situés en haut du niveau 400 contiennent uniquement des résidus miniers non cimentés. D'après des tests de percolation effectués dans des tubes remplis de résidus, la vitesse d'écoulement de l'eau au travers des chantiers remblayés par ce matériel a été estimée à 5 pouces par heure (3.5×10^{-3} cm/s). La granulométrie des résidus miniers retournés sous terre après cyclonage est:

# mesh	% retenu
48	0,87
65	3,58
100	10,66
150	15,03
200	16,59
325	20,15
>325	33,12

Les propriétés physiques des résidus cimentés (3% ciment) depuis 28 jours sont:

densité	: 3,42
densité de la pulpe	: 73%
densité en vrac	: 115 lb/pi^3
porosité	: 42%
saturation maximum	: 21%
cohésion	: 1 728 lbs/pi^2
angle de frottement interne	: 34.50°
résistance en compression uniaxiale:	461 lbs/po^2 (3178 kN/m^2)

1.8 PROGRAMME DE SURVEILLANCE

. Mesure des contraintes

Sur trente-neuf mesures de contraintes effectuées dans les chantiers inférieurs au niveau 400, seulement huit ont donné des directions approximativement parallèles et perpendiculaires à la structure de la roche. Les champs de forces calculés ne sont généralement pas associés aux structures visibles de la roche. Les variations observées dans les mesures de contraintes indiquent un champ complexe de forces au voisinage du gisement.

. Mesure des déplacements

Quelques piliers de parois et de couronne ont fait l'objet de programmes de surveillance au niveau 1200 et inférieurs. Jusqu'à 20 extensomètres à ancrage multiple ont déjà été installés dans ces niveaux. Des piliers minces laissés entre certains chantiers remblayés montraient des signes d'instabilité et un de ces pileirs séparant un chantier partiellement remblayé et un autre remblayé avait cédé sous la poussée du remblai. Cet événement s'est produit entre deux postes et personne ne fut blessé. Cet incident a motivé la direction à entreprendre des études spéciales sur les opérations de minage et de remblayage. Les possibilités de liquéfaction du remblai ont été étudiées en fonction de la teneur en eau et de la granulométrie des particules et aussi en fonction des probabilités de secousses sismiques. Les priorités adoptées par la direction furent axées sur un drainage efficace des remblais.

.Autres programmes

La seule mesure spéciale de contrôle utilisée en relation avec les piliers de surface fut l'utilisation d'un appareil géophysique servant à mesurer la vitesse des ondes produites lors du dynamitage d'une partie du pilier (30 à 200 pi (9-60m) de profondeur). La vitesse a été limitée à 2 pouces /seconde (5cm/s), afin de ne pas endommager les fondations du chevalement situé tout près des piliers de surface.

Une inspection visuelle mensuelle est effectuée dans les chantiers et galeries supérieures. Par contre, durant le remblayage des chantiers, une inspection était effectuée à chaque jour et un rapport était produit. Les niveaux majeurs sont inspectés annuellement.

Au cours du remblayage hydraulique des chantiers, des barrages de retenue en bois sont généralement équipés d'une jauge et d'une barre de déflexion indiquant les changements de pression s'exerçant à l'arrière du barrage.

1.9 CONCEPTION DES PILIERS DE SURFACE

. Personnel impliqué

Les personnes et les départements impliqués dans la conception des piliers sont indiqués à la figure 1.5. C'est à l'ingénieur en chef qu'imcombe la conception du pilier de surface. Le surintendant approuve ou modifie la procédure développée par l'ingénieur en chef et les autres personnes impliquées.

La haute teneur en cuivre et zinc des piliers de surface a motivé la direction à exploiter le pilier de surface en étapes successives dont la dernière serait l'exploitation de la dernière tranche (0-30 pi:0.9m de profondeur).

De nombreuses études couvrant les aspects stabilité, production, méthodes de minage ont été effectuées pour cette mine. La majorité de ces études concernent les niveaux 1200 et plus profonds. Parmi ces études on note plusieurs rapports concernant le remblayage hydraulique, la conception de barrages de retenue des remblais et le drainage des chantiers remblayés. Un rapport d'un consultant extérieur datant de 1970 donne un résumé des travaux de mécanique des roches effectués dans différents niveaux de la mine. Parmi les résultats exposés, l'étendue ou la portée ("span") des chantiers calculée d'après la théorie de la poutre serait:

- sulfure massifs (éponte supérieure): 240 pi (73m)
  gneiss à quartz-mica-amphibode (éponte supérieure): 140 pi (43m).

ORGANIZATION CHART - PILLARS DESIGN
ORGANIGRAMME - CONCEPTION DES PILIERS

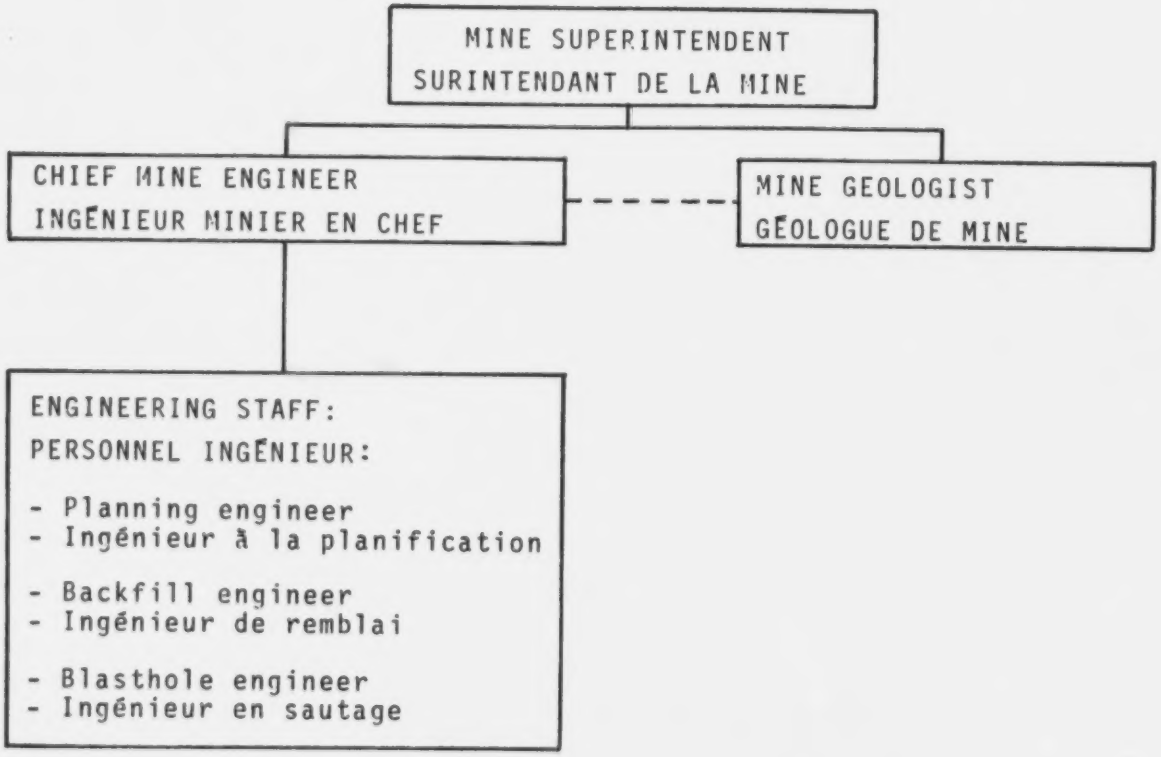


Figure 1.5

Toujours d'après ce rapport, ces valeurs devraient être réduites d'après l'orientation défavorable des joints et des plans de faiblesse du massif rocheux. Des chantiers montrant une portée de 100 pi (30m) dans l'éponte supérieure pourraient devenir marginal au point de vue stabilité s'ils sont laissés sans support pour une longue période de temps. Des piliers de parois minces devraient être laissés dans les chantiers primaires de 100 pi (30m) et plus de "span", notamment dans les chantiers où le remblayage ne s'effectue que plusieurs mois après le minage. Selon les contraintes de terrain, les piliers de parois devraient avoir des dimensions nominales de 40 pi x 70 pi (12m x 21m).

Seulement deux études touchent les piliers de surface: une première abordait l'aspect économique et recommandait d'enlever le mort-terrain pour prévenir les problèmes et la deuxième, plus technique, passait en revue les critères de stabilité et les procédures à suivre pour l'exploitation du pilier. La première étude relève du personnel minier et la seconde d'un consultant extérieur. Cette dernière étude n'était cependant pas disponible.

. Etapes chronologiques

Des piliers de surface de 200 pi (60m) d'épaisseur a été laissés intacts durant l'exploitation de la partie centrale du gisement. Par la suite, la direction décida d'exploiter une partie du pilier pour le réduire à 50 pi (15m) d'épaisseur. Cette dernière valeur n'était qu'arbitraire et elle fut réduite à 30 pi (9m) d'après

les recommandations d'un consultant extérieur. Il est à noter que la vocation première des piliers de surface était de protéger en permanence les chantiers supérieurs.

Les chantiers supérieurs ont été exploités de l'est vers l'ouest, i.e. en direction du puits d'accès.

.Facteurs de conception

Les facteurs de conception des piliers de surface sont basés sur une approche pratique développée d'après l'expérience antérieure. D'après la direction des mines, les dimensions des piliers sont également basées sur les résultats des essais de mécanique des roches, soit la résistance en compression uniaxiale, le rapport de Poisson et le module de Young. La théorie de la poutre a été utilisée pour estimer la résistance des piliers.

.Dimensions des piliers

Le tableau 1.2 donne les dimensions des piliers de surface. Certains chantiers supérieurs ont été partiellement remblayés.

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 1.2
TABLEAU 1.2

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	-	-	-	-	-	-	-	-
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	*	*	*	*	*	*	*	*
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	120 (37)	70 (21)	40 (12)	30 (9)	30 (9)	30 (9)	30 (9)	30 (9)
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	30 (9)	25 (8)	45 (14)	40 (12)	45 (14)	90 (27)	40 (27)	40 (27)
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	100 (30)	190 (58)	150 (46)	190 (58)	160 (49)	120 (37)	150 (46)	70 (21)
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		4	2.8	0.9	0.8	0.8	0.3	0.8	0.8
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)	270 (82)	300 (91)	330 (100	340 (104)	340 (104)	340 (104)	340 (104)	340 (104)
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI	feet-pi. (m)	230 (70)	240 (73)	270 (82)	340 (104)	340 (104)	280 (35)	340 (104)	280 (85)

* Removed - Enlevé

1.10 EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE

L'inspection visuelle des piliers de surface a été limitée aux entrées des chantiers non remblayés et aux galeries d'accès.

Les roches de l'éponte inférieure sont plutôt massives avec par endroits des zones de fracturation bien développées. Dans la partie ouest du pilier on retrouve sur la paroi d'une galerie parcourant l'éponte inférieure un ensemble de 3 familles de joints dont voici les caractéristiques:

	1ère famille	2ème famille	3ème famille
roche hôte :	gneiss (Q-B)	gneiss (Q-B)	gneiss (Q-B)
orientation:	240°	300°	200°
pendage :	65°N	74°O	32°N
espacement :	irrégulier	irrégulier	irrégulier
écartement :	serré	serré	serré
pression d'eau :	paroi humide	paroi humide	paroi humide

Une faille localisée dans une galerie (éponte inférieure) aboutissant dans un chantier à demi-remblayé montre les caractéristiques suivantes:

roche hôte : gneiss (Q-B-A)
orientation : 240°
pendage : 55°S
écartement : 4 à 6 pouces
remplissage : Schistes tendres et argiles
pression d'eau: écoulement goutte à goutte

Près de l'entrée du chantier situé le plus à l'ouest, le plafond de la galerie d'accès est couvert de treillis métalliques retenus par des boulons et des plaques métalliques. Le boulonnage du toit n'est pas systématique: il est limité à quelques rares endroits où la roche montre une fracturation prononcée.

L'éponte supérieure présente un aspect plus massif et semble plus compétente que l'éponte inférieure. Les joints sont pratiquement absents.

Les conditions hydrogéologiques de l'ensemble des chantiers et galeries supérieures se résument à un écoulement goutte à goutte observé par endroit sur les parois rocheuses, sauf à deux endroits:

1) un trou de sondage localisé dans le plafond d'une galerie laissait passer un filet d'eau continu estimé à ½ (US)GPM (0,03 l/s).

2) Un écoulemnt d'eau provenant d'une cheminée aboutissant en surface a été estimé à 5 (US)GPM (0,3 l/s).

Quelques blocs de l'ordre de un à cinq pieds cube sont tombés dans une galerie d'accès à un chantier. D'après la direction, ces chutes sont dues au dernier dynamitage effectué dans ce chantier cinq années plus tôt.

1.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

Dans le cadre de la conception d'un pilier de surface, la direction mentionne que le type de roche, la fracturation et la séquence de minage sont les principaux paramètres à considérer. La partie économique du pilier de surface devrait être généralement exploitée à la fin des opérations minières, surtout dans le cas où le pilier est complètement exploité. Le facteur économique influence directement les méthodes et procédures de minage du pilier : les patrons de forage et l'endroit d'où sont effectués ces forages dépendent de la teneur et du tonnage du pilier.

La direction considère que le massif rocheux contenant leur gisement est compétent selon les données de mécanique des roches et par conséquent la stabilité des piliers peut être évaluée à l'aide de la théorie de la poutre.

MINE # 2

TABLE DES MATIERES

		PAGE
2.0	RESUME DE LA VISITE	34
2.1	INFORMATIONS GENERALES	36
	.Géologie régionale	
	.Géologie locale	
	.Caractéristiques du gisement	
2.2	ENVIRONNEMENT MINIER	41
2.3	MORTS-TERRAINS	42
	.Etudes et travaux	
	.Stratigraphie et caractéristiques	
2.4	MASSIF ROCHEUX	43
	.Nature des roches	
	.Géologie structurale	
	.Caractéristiques	
2.5	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	47
	.Morts-terrains	
	.Massif rocheux	
2.6	OPERATIONS MINIERES	48
	.Méthode(s) d'exploitation	
	.Conditions d'opération	
2.7	SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT	50
	.Soutènement primaire	
	.Remblayage et renforcement	
2.8	PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE	52
	.Mesure des contraintes	
	.Mesure des déplacements	
	.Autres programmes	
2.9	CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	54
	.Personnel impliqué	
	.Etapes chronologiques	
	.Facteurs de conception	
	.Dimensions des piliers	
2.10	EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	62
2.11	COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	63

2.0 RESUMÉ DE LA VISITE

Ce gisement est composé de plusieurs lentilles de sulfures massifs minéralisées (Cu, Zn) et disposées "en échelon" sur une longueur d'environ 2 400 pi (730 m) et une largeur totale de 400 pi (122 m). Le pendage des formations est de 70°S et sa plongée est de 70°E.

La partie supérieure du dépôt a été exploitée par puits à ciel ouvert jusqu'à une profondeur de 640 pi (195 m). A cette élévation, dans le secteure Est de la mine, on retrouve quatre (4) lentilles parallèles; dans trois (3) d'entre elles, des piliers de surface d'environ 50 pi (15m) séparent le fond du puits des chantiers supérieurs de la mine. Il n'y a que les murs de cette fosse qui sont susceptibles d'être affectés par la stabilité de ces piliers.

Les contacts des épontes et du gisement sont très marqués mais irréguliers. Les épontes sont principalement composées de schistes à chlorite. Le massif rocheux est passablement fracturé mais les joints sont serrés et ne contiennent pas de matériaux de remplissage. En général, les zones de sulfures massifs sont de meilleure compétence que les murs. La compagnie a fait des études de mécanique des roches et a déterminé les principales caractéristiques du massif rocheux.

La méthode de minage utilisée à cette propriété est l'abattage par longs trous ou "blasthole stoping" avec remblayage. Des piliers transversaux de 20 pi (6 m) sont laissés entre les chantiers à tous les 130-165 pi (40-50m).

Des mesures de contraintes "in situ" ont été prises à plusieurs niveaux.

La conception des piliers de surface localisés au fond du puits à ciel ouvert a été effectuée à partir de la théorie de la poutre et de la résistance maximale de la roche en compression soumise à une concentration de contraintes.

2.1 INFORMATIONS GENERALES

. Géologie régionale

La propriété est située dans la partie sud de la province de Churchill, soit plus précisément dans une ceinture de roches volcaniques en forme d'arc de cercle et orientée EO. Ce groupe de roches est composé d'une séquence de laves volcaniques, de tufs, d'agglomérats, de brèches et de sédiments volcanoclastiques.

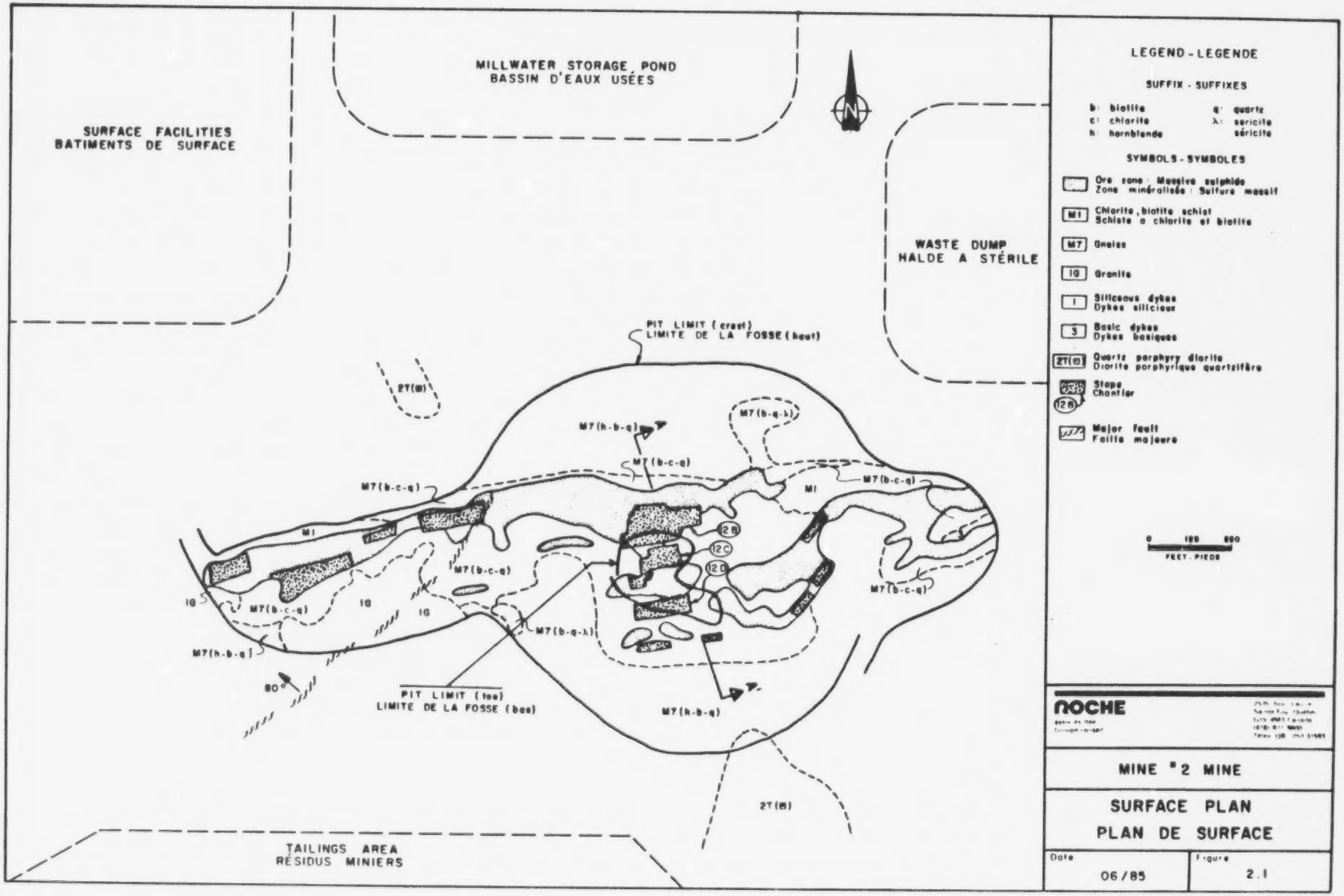
Ces roches volcaniques d'âge précambrien ont été considérablement altérées par le métamorphisme régional qui varie du faciès des amphiboles à celui des schistes verts. Enfin, cette ceinture volcanique est partiellement entourée de métasédiments.

. Géologie locale

La minéralisation est confinée dans une série de couches métamorphisées de roches volcaniques intermédiaires (schistes, gneiss) et de métasédiments volcanoclastiques dont la direction est N70°E et le pendage de 70°SE; la minéralisation plonge à 70° vers l'est. Des dykes de granite, de gabbro et de diabase recoupent les épontes et la minéralisation (voir figure 2.1).

. Caractéristiques

En surface, le gisement a une largeur totale de 400 pi (122m) et une longueur d'environ 2 400 pi (730m). Sa direction est N70°E, son pendage 70°SE et sa plongée 70°NE.



NOCHE

MINE # 2 MINE

SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE

Date	Figure
06/85	2.1

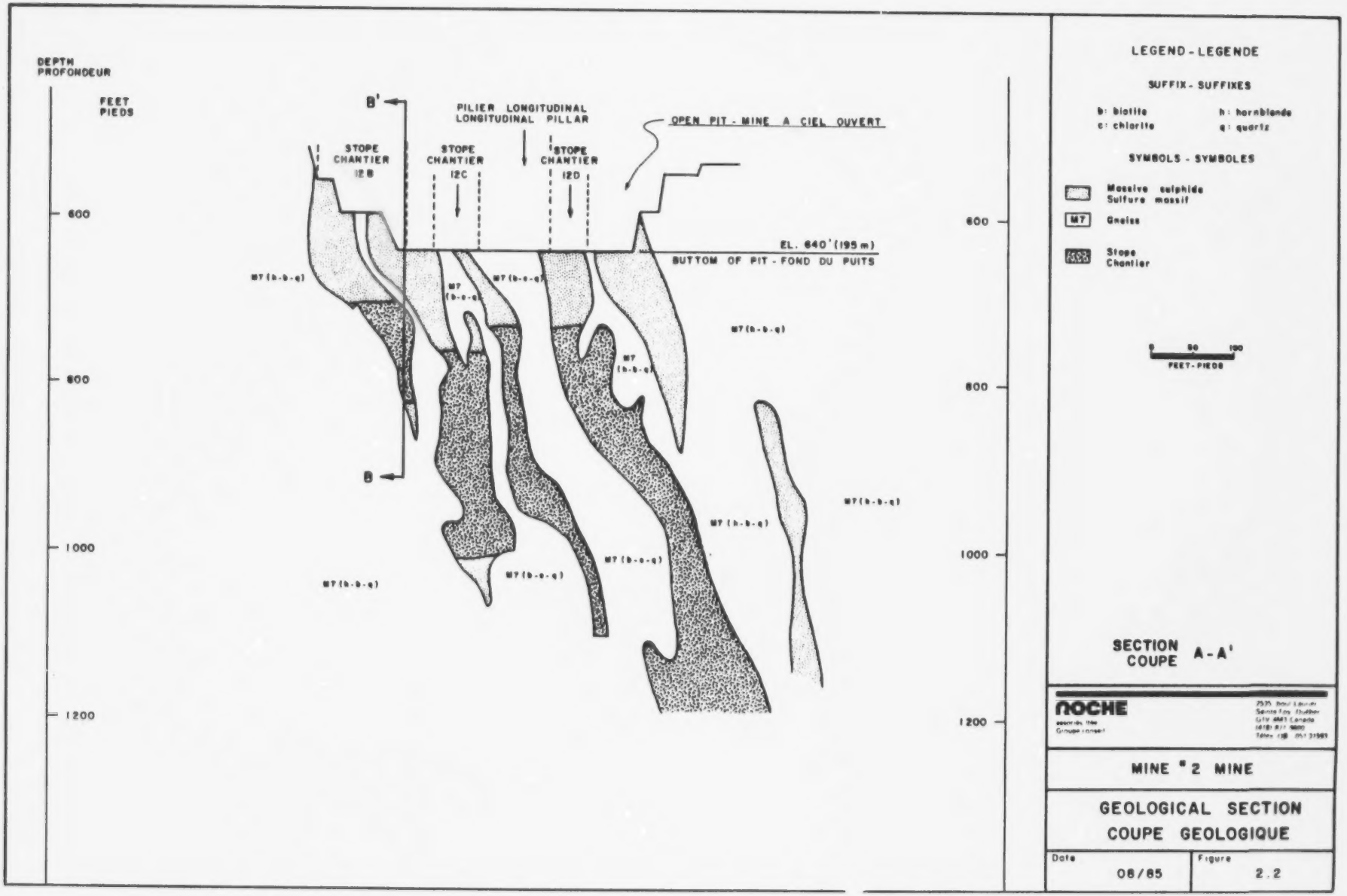
Il est composé de lentilles de sulfures massifs minéralisées en cuivre et zinc dans le rapport 1/1 avec des traces d'or et d'argent.

Au total (9) lentilles minéralisées parallèles sont disposées verticalement "en échelon". Ces lentilles sont discontinues sous le niveau 1 000 pi mais se regroupent en (2) zones dans la partie supérieure de la mine. La zone ouest est formée d'un groupe de (5) lentilles alors que la zone est en contient (4). Ces lentilles varient en largeur de 23 à 180 pi (7 à 55 m).

La complexité de cette disposition et la forme irrégulière des lentilles ne permettent pas de simplification. Généralement, elles ont une forme irrégulière autant en plan qu'en section et ondulent ou zigzaguent dans la direction du pendage en encerclant des zones de roche stérile, tel qu'illustré aux figures 2.2 et 2.3.

Depuis 1971, la compagnie a miné par puits à ciel ouvert la partie supérieure du gisement jusqu'à une profondeur de 640 pi (195 m). Depuis 1979, elle opère la section souterraine à un taux d'extraction d'environ 6 000 tonnes/jour.

Une série de piliers de surface existent présentement entre le haut de certains chantiers souterrains et le fond du puits à ciel ouvert. Au total (11) chantiers approchent de la surface soit au centre du puuits ou dans les murs. Nous allons toutefois nous concentrer plus spécifiquement sur le groupe de piliers situés au fond du puits et identifiés à la figure 2.1 par les numéros 12B, 12C et 12D. Plus spécifiquement, le chantier 12B sera cité comme exemple.


DEPTH
PROFONDEUR
FEET
PIEDS
600
800
1000
1200
B'
B
PILIER LONGITUDINAL
LONGITUDINAL PILLAR
OPEN PIT - MINE A CIEL OUVERT
STOPE
CHANTIER
12B
STOPE
CHANTIER
12C
STOPE
CHANTIER
12D
EL. 640' (195 m)
BOTTOM OF PIT - FOND DU PUITS
M7 (b-b-q)
M7
(b-c-q)
LEGEND - LEGENDE
SUFFIX - SUFFIXES
b: biotite
h: hornblende
c: chlorite
q: quartz
SYMBOLS - SYMBOLES
Massive sulphide
Sulfure massif
M7
Gneiss
Stope
Chantier
0
50
100
FEET - PIEDS
SECTION A-A'
COUPE
NOCHE
MINE "2 MINE
GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE
Date
08/85
Figure
2.2

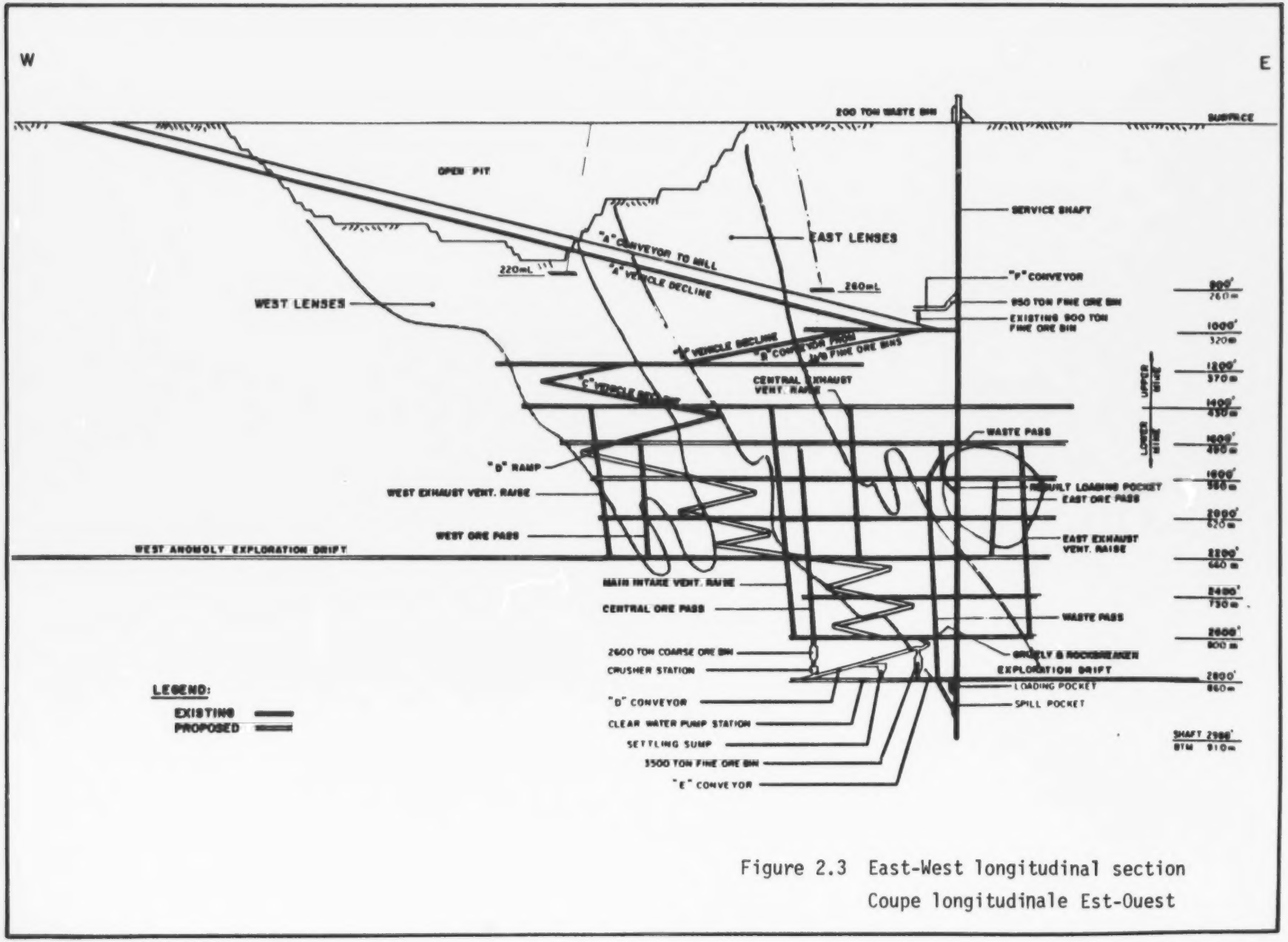


Figure 2.3 East-West longitudinal section
Coupe longitudinale Est-Ouest

2.2 ENVIRONNEMENT MINIER

Aucune autre opération minière n'est située à proximité de cette mine. Les installations de surface sont toutes localisées loin en dehors du périmètre du puits à ciel ouvert. Seuls les murs de ce puits pourraient être affectés par la stabilité des piliers de surface.

Dans le but de vérifier s'il y avait mouvement des parois, des mesures de convergence ont été prises sur une base annuelle avec un "distomat wild". Les résultats ayant indiqué des déplacements de l'ordre de 0.01-0.07 pi (0.3-2 cm), la compagnie a cessé cette pratique.

Enfin, le mort-terrain qui recouvrait originalement la zone du puits à ciel ouvert a été décapé jusqu'à environ 150 pi (46 m) de la limite actuelle du puits.

2.3 MORTS-TERRAINS

. Etudes et travaux

Nous n'avons pas recueilli beaucoup d'informations sur cet aspect. Le mort-terrain a surtout été évalué en termes de qualité et de quantité afin de l'enlever. Ainsi 2.2 millions de verges cubes (1,7M m^3) de sable et gravier et plus de 580 000 verges cubes (443 000 m^3) de tourbe ont été déplacées pour permettre de débuter l'extraction dans la mine à ciel ouvert.

. Stratigraphie et caractéristiques

Le mort-terrain variait de 20 à 30 pi (6 à 9m) d'épaisseur. Il était principalement composé de sable, et gravier recouverts d'une couche de tourbe.

Puisqu'il n'était pas dans l'intérêt de cette étude de développer cet aspect, nous nous sommes limités à ces considérations générales.

2.4 MASSIF ROCHEUX

. Nature des roches

En approchant dans l'éponte inférieure du gisement l'on rencontre une séquence de roches volcanoclastiques peu altérées de type gneiss. Cette unité devient plus altérée au contact avec les sulfures et se transforme en schistes à chlorite et biotite que l'on retrouve au contact de la zone minéralisée et des (2) épontes. L'éponte supérieure est en partie composée de roches métasédimentaires volcanoclastiques et d'intrusifs de granite.

. Géologie structurale

Dans l'ensemble de la mine, deux familles principales de joints ont été cartographiées. La direction des joints de la première famille varie de 45-90° et leur pendage est de 75°S. Ceux-ci sont donc parallèles à la direction moyenne des formations locales et des lentilles minéralisées.

La seconde famille est orientée à un angle de 0-20° et plonge vers l'est. De plus, une structure significative particulièrement évident dans l'éponte supérieure, recoupe presqu'horizontalement les formations.

Les joints sont généralement espacés de 3 à 6 pi (1 à 2 m) et sont continus à travers les différentes formations de roches. Les joints sont serrés, ne contiennent pas de matériaux de remplissage mais présentent une surface lisse.

Une faille majeure localisée dans la zone ouest du dépôt recoupe ce dernier avec un angle de 45° (voir figure 2.1); son pendage est de 80°N. Cette fialle est remplie de schistes à chlorite et biotite. Enfin, une zone de cisaillement suit le contact nord du gisement et plonge à 80°S. La foliation présente dans le massif rocheux est sub-parallèle au litage des formations.

. Caractéristiques

Le tableau 2.1 résume les principales caractéristiques géomécaniques des roches. L'on constate que les schistes de l'éponte inférieure sont relativement moins compétents que les autres roches; de même, les lentilles de la zone "est" de la mine sont plus compétentes que celles du secteur ouest.

Le département de géologie de cette propriété a utilisé, sur une base continue durant la période de développement initiale de la mine l'essai de double poinçonnement ("point load test"). Une série d'essais de résistance en compression simple a été effectuée en laboratoire afin de relier l'indice de poinçonnement aux résistances des différents types de roche. Généralement, les carottes échantillonnées avaient 1.06 po (2.7cm) de diamètre. La séquence de ce travail d'identification du massif était la suivante:

1. essai systématique de poinçonnement
2. obtention de l'indice (Is)
3. détermination de la valeur de la résistance en compression

ROCK CHARACTERISTICS

CARACTÉRISTIQUES DE LA ROCHE

TABLE 2.1

TABLEAU2.1

LOCATION EMPLACEMENT		FOOT WALL ÉPONTE INFÉRIEURE		OREBODY GISEMENT	HANGING WALL ÉPONTE SUPÉRIEURE
ROCK TYPE TYPE DE ROCHE		Quartzitic rocks Gneiss quartzitiques	Chlorite/biotite schist Schistes à chlorite/biotite	Massive sulphides Sulfures massifs	Volcaniclastics sediments Sédiments volcanoclastiques
DENSITY DENSITÉ		2.91	2.91	3.89	2.91
COMPRESSIVE STRENGTH RÉSISTANCE EN COMPRESSION	psi x 10^3 (MPa)	7 (48)	16 (110)	13 (90)	19 (131)
SHEAR STRENGTH RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-	-
TENSILE STRENGTH RÉSISTANCE EN TENSION	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-	-
POINT LOAD STRENGTH INDICE DE DOUBLE POINCONNEMENT	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-	-
POISSON'S RATIO RAPPORT DE POISSON		0.12	0.34	0.20	0.19
YOUNG'S MODULUS MODULE DE YOUNG	psi x 10^6 (GPa)	7.2 (50)	7.9 (55)	12.8 (82)	11.1 (77)
RQD %		-	-	-	-
GEOMECHANICAL CLASSIFICATION CLASSIFICATION GÉOMÉCANIQUE	(CSIR) OUEST EST	55 70	55 70	60 80	70 70

4. assignation d'une valeur qualitative
5. mise en plans des résultats par niveau
6. transfert des données au dépt. de l'ingénierie

La mine avait établi sa propre classification des roches basée sur la valeur de la résistance en compression. Elle se présentait comme suit:

qualité de la roche	résistance en compression	
très faible	0- 7500	(0- 52)
faible	7500-12000	(52- 83)
intermédiaire	12000-16000	(83-110)
compétente	16000-25000	(110-172)
très compétente	25000 et plus	(172-plus)

Selon les personnes rencontrées, il semble que cette classification ait été utile durant les premières années de l'exploitation de la mine souterraine. En effet, le personnel n'étant pas encore familier avec le terrain, la classification permettait d'apprécier la compétence des nouvelles zones de production et de concevoir le minage en conséquence.

Par ailleurs, la compagnie ne détermine pas le R.Q.D. de la roche mais reporte sur les sections géologiques la quantité de fractures présentes dans une longueur de 5 pi (1.5m) carotte de sondage au diamant. La classification déomécanique des roches du CSIR a également été utilisée durant quelque temps.

2.5 CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES

. Morts-terrains

Au pourtour de la mine à ciel ouvert un fossé de canalisation intercepte l'eau de ruissellement. Nous n'avons constaté que très peu d'eau le long des parois du puits.

. Massif rocheux

Il n'y a pratiquement pas d'eau dans cette mine. Le taux de pompage moyen est de 300 GPM (22 l/s).

2.6 OPÉRATIONS MINIÈRES

. Méthode(s) d'exploitation

Depuis le début des opérations environ cinquante (50) chantiers ont été minés par abattage par longs trous (blast hole stoping) avec remblayage. De ce nombre, environ 30% des chantiers étaient forés avec des trous de 2"Ø (51mm) et le reste par des foreuses équipées de taillants de 6½" (165 mm). Les chantiers d'abattage varient en largeur et longueur selon la forme et la teneur des lentilles ainsi que la compétence du terrain. Les dimensions typiques des chantiers sont les suivantes:

largeur: 23- 100 pi (7 - 30m)
hauteur: 200 pi (61m)
longueur: 130-165 pi (40-50 m)
inclinaison: 70°

Une série de piliers transversaux de 20 pi (6m) de largeur est disposée entre les chantiers à l'intérieur de la zone minéralisée. De plus, selon la position des lentilles, des piliers longitudinaux sont formés par la roche stérile.

. Conditions d'opération

Dans l'ensemble de la propriété, le taux d'extraction est d'environ 80% et la dilution provenant principalement des murs des chantiers est de 15 à 20% du tonnage théorique.

Le minage se fait du haut du gisement vers le bas. Le remblayage des chantiers peut parfois nécessiter de 1 à 2 ans. Le facteur poudre de cette opération est d'environ 0.7 lb/tonne (0.3kg/t).

2.7 SOUTENEMENT ET METHODE DE RENFORCEMENT

. Soutènement primaire

Les épontes sont supportées par une série de piliers transversaux de 20 pi(6m) d'épaisseur laissés entre les chantiers à l'intérieur des zones minéralisées. Ces piliers sont alignés sur toute la largeur du dépôt traversant ainsi la série de lentilles des niveaux supérieurs. De plus, selon la disposition de ces lentilles entre elles, des piliers longitudinaux sont laissés dans la roche stérile. Ils contribuent à la stabilité du massif en réduisant la portée de la zone des piliers de surface. Une représentation schématisée de la disposition générale de ces piliers apparaît à la figure 2.4, autour du secteur couvert par les piliers de surface étudiées (pilier 12B, 12C et 12D).

. Remblayage et renforcement

Le remblai introduit dans les chantiers soutirés est composé de rejets classifiés non-cimentés. Localement, les galeries de développement sont renforcées à l'aide de boulons conventionnels. Quelques boulons de type "swellex" de longueurs variables sont posés dans les points de soutirage.

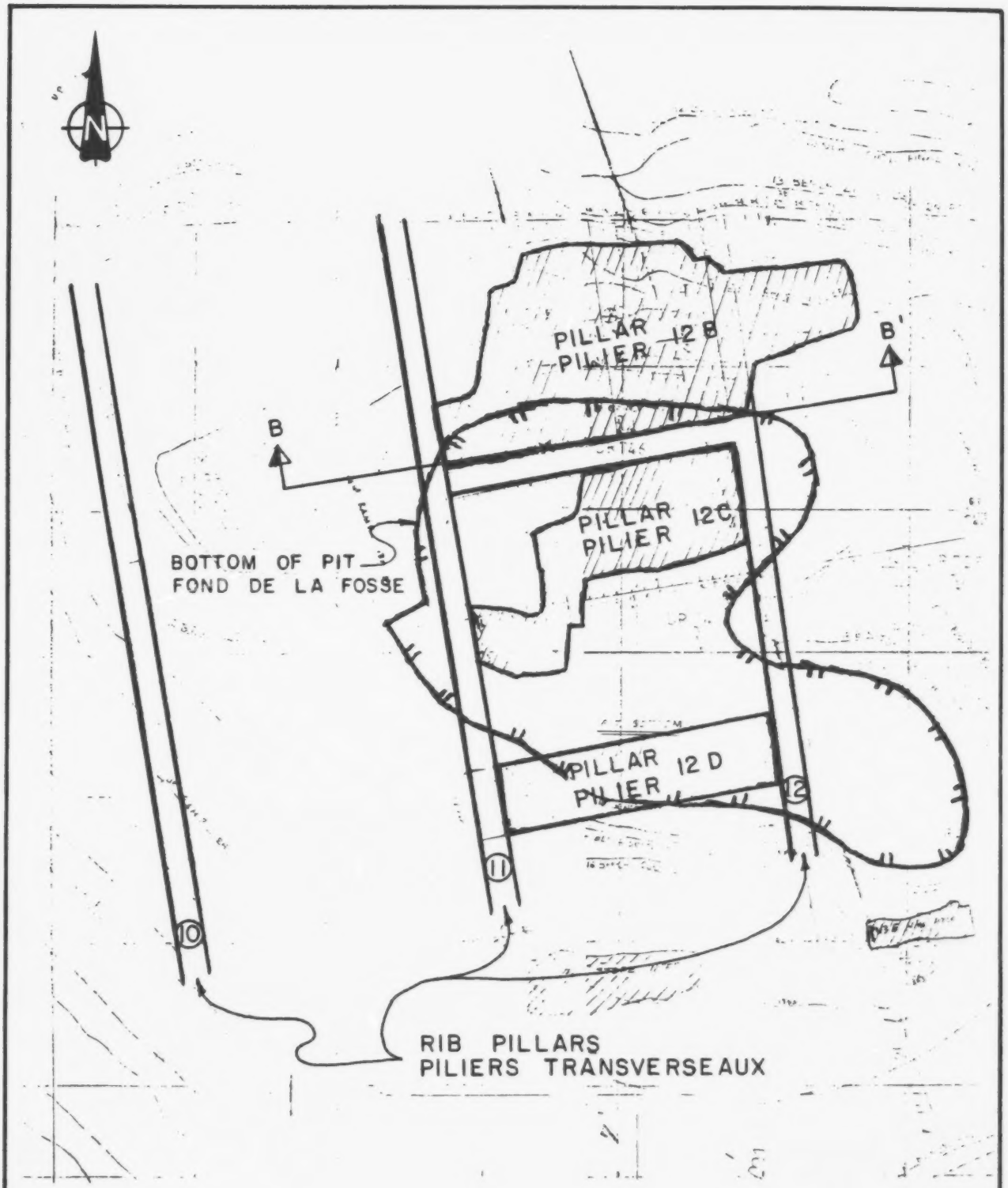


FIGURE 2.4 PILLARS GEOMETRY

GEOMETRIE DES PILLIERS

2.8 PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE

. Mesure des contraintes

Quatre (4) séries de mesures des contraintes naturelles existant dans le massif rocheux ont été effectuées à cette mine; elles ont été faites aux niveaux 260, 340, 400, 600m et une 5ème série est prévue pour le niveau 800 (secteur est). La technique d'essai était dans tous les cas celle dite du sur-carottage ("overcoring method") mais les instruments utilisés étaient différents. Plus de (25) lectures ont été prises avec des jauges de tension biaxiales de type "doorstopper" alors que (7) mesures ont été effectuées avec des cellules triaxiales de type "CSIRO". Seules ces dernières lectures prises au niveau 600 m sont fiables.

Les résultats obtenus ont été corrélés entre eux permettant ainsi de définir l'état des contraintes naturelles de la façon suivante:

contrainte	valeur	direction	pendage
σ_1	$2.5\sigma_v$	340°	-20°
σ_2	$1.2\sigma_v$	70°	0°
σ_3	$0.3\sigma_v$	160°	-70°

σ_1= contrainte principale majeure
σ_2= contrainte principale intermédiaire
σ_3= contrainte principale minimum
σ_v= 1.2 psi/pi (0.0272 MPa/m)

Le module de déformation et le rapport de Poisson utilisés pour les essais étaient respectivement de 10.1 x 10^6 psi (69.46 GPa) et 0.18. Ces résultats ont été utilisés par le groupe de mécanique des roches de la mine pour évaluer le comportement des chantiers et (ou des piliers des niveaux inférieurs de la propriété(+340m).

. Mesure des déplacements

Aucune mesure des déplacements n'a été faite directement au niveau des piliers de surface (niveau 200m). Par ailleurs, aux niveaux 340m et 400m, des chantiers ont été instrumentés afin d'étudier les mécanismes de transfert des contraintes et le déplacement des parois au fur et à mesure du minage. Cette expérience pourra certainement être utile au moment de l'extraction éventuelle des piliers de surface.

. Autres programmes

Aucun autre programme relié aux piliers de surface n'est en vigueur présentement.

2.9 CONCEPTION DU (DES) PILIERS DE SURFACE

. Personnel impliqué

La figure 2.5 représente l'organisation susceptible de concevoir ces piliers. A cette mine, le département de géologie fournit la plupart des données structurales et économiques nécessaires aux opérations et approuve la planification faite par le département de l'ingénierie. Les services d'un consultant externe sont utilisés au besoin.

. Etapes chronologiques

Résumons globalement la séquence des opérations à cette propriété:

i) Exploitation par un puits à ciel ouvert jusqu'à une profondeur de 640 pi (195m) par rapport à la surface.

ii) Minage de chantiers souterrains et abandon temporaire de piliers de surface entre le fond du puits et la mine souterraine. Ces piliers sont identifiés sur la figure 2.1 par les numérotations 12B, 12C et 12D.

iii) Les piliers de surface seront minés jusqu'au fond du puits.

ORGANIZATION CHART - PILLARS DESIGN
ORGANIGRAMME - CONCEPTION DES PILIERS

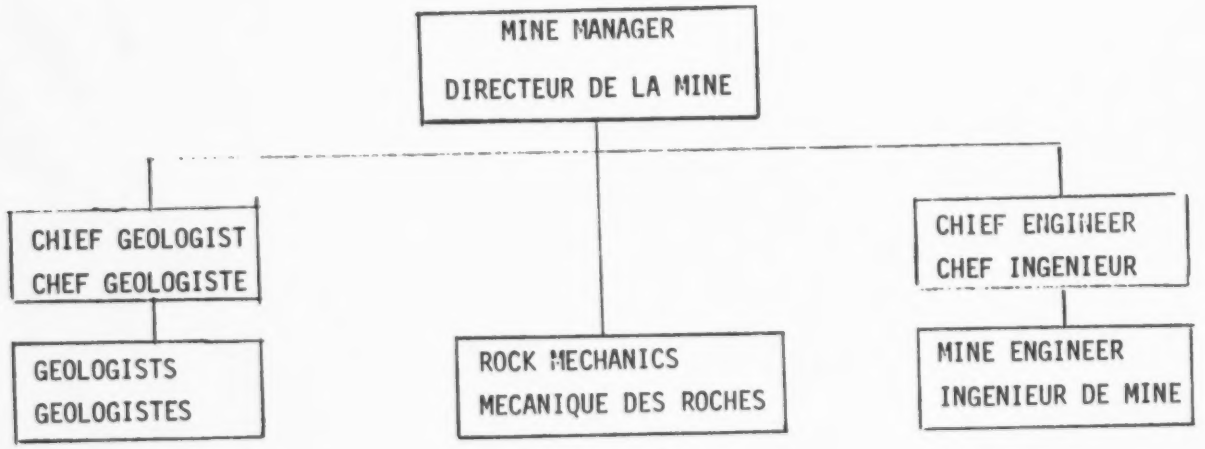


Figure 2.5

Le dimensionnement du pilier de surface du chantier 12B ayant fait l'objet d'une étude approfondie, nous utiliserons cet exemple pour résumer la politique de la compagnie dans ce domaine. Notons tout de suite que les piliers des chantiers 12C et 12D sont légèrement plus épais que celui de 12B.

. Facteurs de conception

La première considération qui soutenait le "design" est l'usage temporaire du pilier de surface 12B. Dès le début la compagnie avait l'intention de récupérer ce pilier. Cela n'enlevait toutefois pas la nécessité de le concevoir de façon adéquate et sécuritaire.

Il devait entre autres choses assurer la stabilité des parois du puits à ciel ouvert qui viennent s'appuyer sur celui-ci. Les calculs ont été effectués sur une tranche longitudinale de ce pilier de surface, supportée par deux piliers transversaux, tel qu'illustré à la figure 2.6. Les hypothèses touchant le mode de rupture étaient les suivantes:

i) Rupture par l'effet de trop grandes contraintes de tension au centre du pilier, dues à la flexion de la roche.

ii) Rupture par l'effet des concentrations de contraintes en compression sur les extrémités du pilier de surface; celles-ci ayant comme résultat l'écrasement et la détérioration totale des extrémités du pilier de surface d'où la perte de résistance et l'effondrement en bloc de la partie centrale du pilier.

L'étude examinait également la forme idéale qu'il faudrait donner au dessus du pilier. Tailler le toit des chantiers en forme d'arche est très difficile à réaliser et aurait nécessité une hauteur variant de 80 pi (24m) à 100 pi (30m) ce qui occasionne l'abandon d'une grande quantité de minerai et est difficile à justifier. Il est donc recommandé de laisser le toit des chantiers plat.

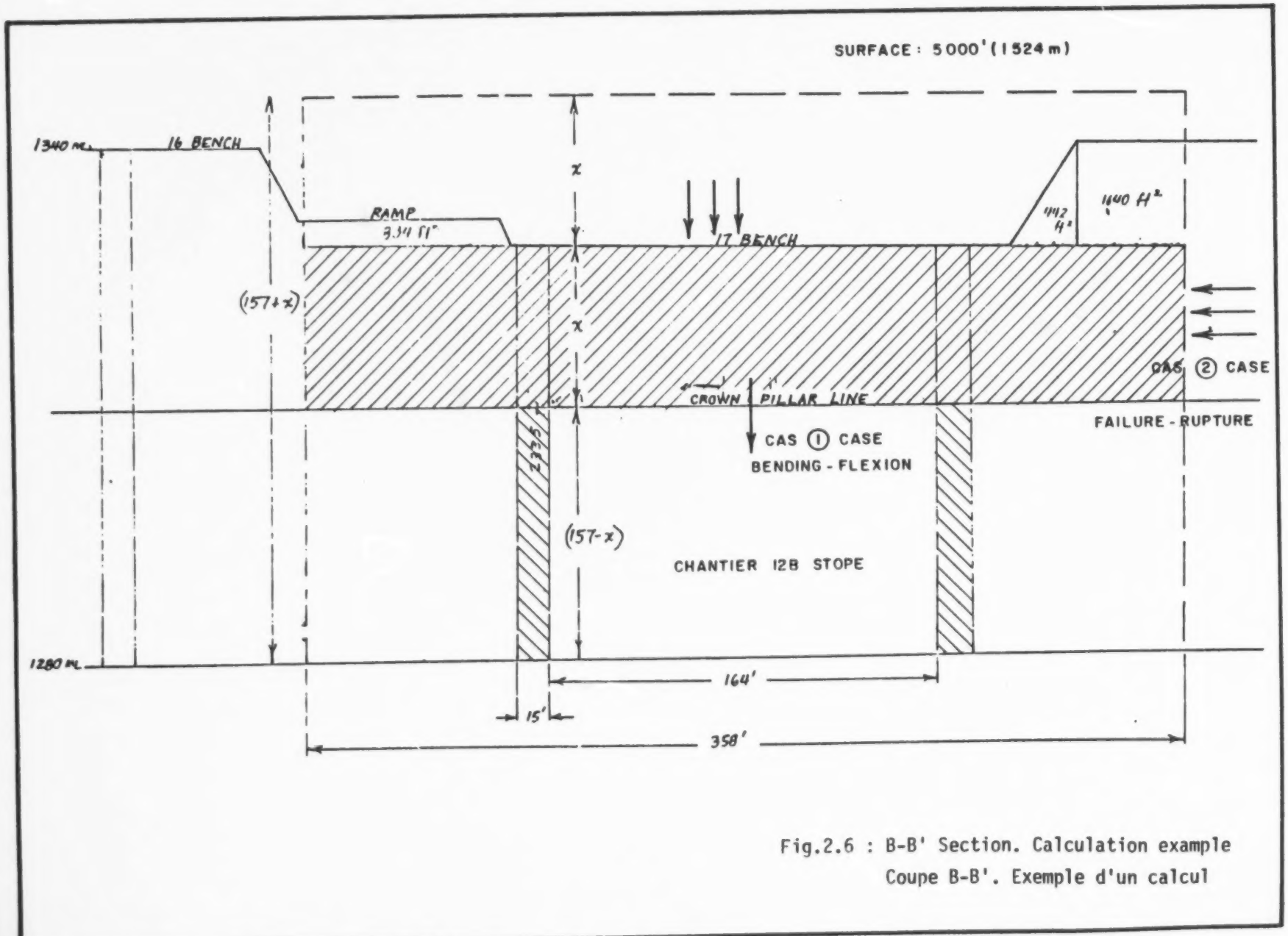


Fig.2.6 : B-B' Section. Calculation example
Coupe B-B'. Exemple d'un calcul

La première méthode de calcul pour déterminer l'épaisseur du pilier de surface utilise les formules standards de calcul d'une poutre; tel qu'illustré à la figure 2.6, la poutre est supportée par deux piliers espacés de 164 pi (50m). Elle s'étend à demi-distance des (2) chantiers voisins. Ce qui détermine sa masse totale. Les contraintes s'exerçant à ce niveau étaient évaluées à 4000 psi (2 8 MPa) et un "facteur de sécurité" de 1.5 a été utilisé sur les résultats des calculs. C'est à dire que l'inconnu à déterminer étant l'épaisseur (x) du pilier de surface ou de la poutre étudiée, une fois cette épaisseur obtenue, les résultats ont été multipliés par 1.5.

Plusieurs cas de géométrie différente ont été calculés de cette façon. L'un des cas considérait même la présence de 50 pi (15m) d'eau dans le fond du puits. Les résultats variaient de 12.4 pi (3.8m) à 31.9pi (9.7m).

La seconde méthode de calcul utilisait les formules de capacité portante (bearing area calculations) pour déterminer la surface de piliers nécessaire pour résister aux contraintes en place. L'auteur assume que les ouvertures laissées autour du pilier de surface font augmenter la charge qu'il doit maintenant supporter par un facteur de 3.57. Toujours en utilisant le multiplicateur 1.5, les épaisseurs du pilier de surface déterminés étaient de 39 pi (12m) à 57 pi (17m).

Après l'analyse et la pondération de tous ces résultats, le pilier de surface du chantier 12B a été conçu pour avoir une épaisseur (x) de 50 pi (15m).

. Dimensions des piliers

Le tableau 2.2 résume les dimensions des piliers de surface étudiés (12B, 12C et 12D illustrés à la figure 2.4). Notons que les chantiers sous-jacents sont tous remblayés.

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 2.2
TABLEAU 2.2

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#1	#2	#3					
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	-	-	-					
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	-	-	-					
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	50 (15)	100 (30)	90 (27)					
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	100 (30)	75 (23)	45 (14)					
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	164 (50)	164 (50)	164 (50)					
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		0,5	1,33	2,0					
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)	360 (110)	360 (110)	360 (110)					
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI	feet-pi. (m)	360 (110)	360 (110)	360 (110)					

2.10 EVALUATION VISUELLE DU (DES) PILIERS DE SURFACE

L'évaluation visuelle des piliers de surface s'est faite à partir du fond du puits ainsi qu'à partir de quelques galeries latérales.

Aucun signe de subsidence ne laisse supposer que la masse rocheuse a fléchi. Au fond du puits, il y a présence d'eau, signe de la bonne qualité du terrain.

Dans les galeries situées sous et autour des piliers de surface, les joints sont toujours fermés, il y n'y a pas de signe d'écoulement d'eau.

La compagnie prépare actuellement l'extraction de ces piliers. Les accès de forage sont stables et ne posent pas de problèmes majeurs de soutènement. L'approche de conception, suivie par la compagnie semble avoir donné les résultats prévus.

2.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

Relativement aux piliers de surface, la compagnie se demande à quel moment de l'exploitation d'une mine doit-on extraire ces piliers? (Si la chose est possible). L'on pense que le "design" de tels piliers doit inclure des facteurs économiques.

D'une façon générale la compagnie pense que le travail de base de tout programme de mécanique des roches doit être fait le plus possible, sur le site. Ainsi, les piliers de surface séparant le fond du puits et les chantiers supérieurs de la mine seront instrumentés afin de déceler tout signe précoce d'instabilité.

L'on admet qu'un programme intégré d'évaluation du massif rocheux est un instrument souhaitable pour une opération souterraine.

MINE # 3

TABLE DES MATIERES

		PAGE
3.0	RESUME DE LA VISITE	66
3.1	INFORMATIONS GENERALES	68
	.Géologie régionale	
	.Géologie locale	
	.Caractéristiques du gisement	
3.2	ENVIRONNEMENT MINIER	72
3.3	MORTS-TERRAINS	73
	.Etudes et travaux	
	.Stratigraphie et caractéristiques	
3.4	MASSIF ROCHEUX	77
	.Nature des roches	
	.Géologie structurale	
	.Caractéristiques	
3.5	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	83
	.Morts-terrains	
	.Massif rocheux	
3.6	OPERATIONS MINIERES	84
	.Méthode(s) d'exploitation	
	.Conditions d'opération	
3.7	SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT	85
	.Soutènement primaire	
	.Remblayage et renforcement	
3.8	PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE	86
	.Mesure des contraintes	
	.Mesure des déplacements	
	.Autres programmes	
3.9	CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	88
	.Personnel impliqué	
	.Etapes chronologiques	
	.Facteurs de conception	
	.Dimensions des piliers	
3.10	EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	92
3.11	COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	93

3.0 RÉSUMÉ DE LA VISITE

La propriété minière est située dans une séquence de roches métavolcaniques et métasédimentaires. Les épontes sont constituées de schistes à biotite et le gisement de sulfures bréchiques d'affiliation ultra-mafique contenant du nickel. Le dépôt est une veine montrant une épaisseur variable de 10-150 pi (3-45m) et un pendage moyen de 65°E. Depuis le début des opérations, aucun signe de tassement n'a été observé en surface.

Un lac recouvrant les piliers de surface a été pratiquement asséché et actuellement (été 85) une drague enlève le mort-terrain pour permettre l'exploitation à ciel ouvert des piliers.

Environ 50 sondages ont été exécutés pour définir les caractéristiques des sols et tracer le contact sol-roc.

Les sols varient de 70 à 170 pi (21 à 52m) d'épaisseur et sont constitués de dépôts organiques, d'argile, de silt, de sable et de gravier.

Deux types de failles caractérisent le massif rocheux et trois familles de joints ont été identifiés. Un vaste programme d'étude a été mis sur pied en collaboration avec un consultant extérieur: ce programme passe en revue les caractéristiques du massif rocheux et l'influence de la future mine à ciel ouvert sur les travaux souterrains.

Les chantiers supérieurs ont été exploités par la méthode coupe et remblai et quelques piliers de paroi ont été

laissés dans les chantiers les plus larges. Le boulonnage est systématique et les boulons sont généralement ancrés perpendiculairement à la schistosité ou la foliation.

Des mesures de contraintes "in situ" effecutées au niveau des chantiers supérieurs donnent un rapport "contraintes horizontales / contraintes verticales" d'environ 4.

La conception des piliers de surface a été effectuée sur une approche conservatrice, compte tenu de la présence d'un lac et de l'épaisseur considérable des sols situés au-dessus du gisement. La direction de la mine avait choisi une épaisseur moyenne de 240 pi (73 m) de roc pour protéger la mine. Le minerai abandonné temporairement dans les piliers de surface sera exploité à ciel ouvert et le dernier banc sera récupéré par les chantiers sous-jacents.

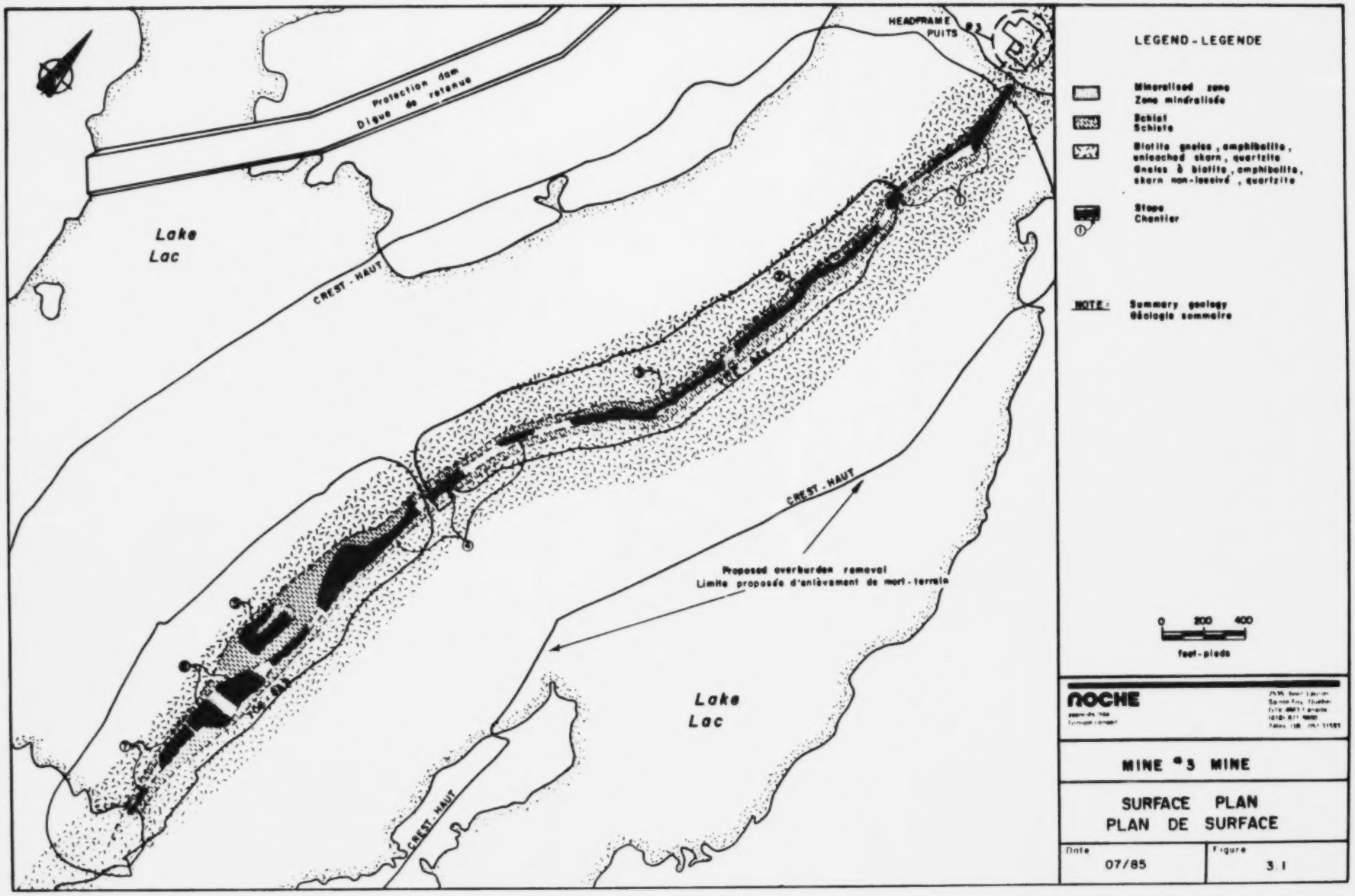
3.1 INFORMATIONS GENERALES

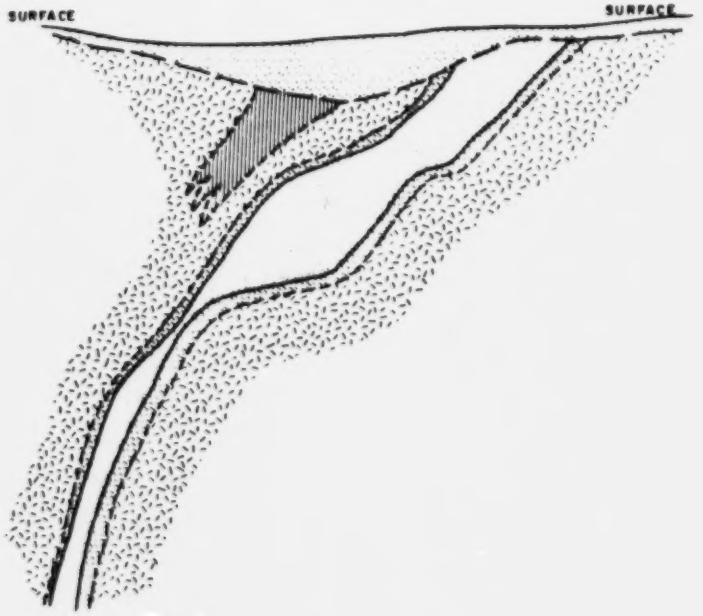
. Géologie régionale

La proprieté minière est située dans la province Churchill, tout près du contact de la province Supérieur. Dans la direction NO-SE on retrouve les séquences suivantes: des roches métasédimentaires et métavolcaniques, des gneiss, des intrusifs granitiques, de la péridotite et serpentinite, des métasédiments (roche-hôte) et des gneiss vers le sud-est. Le gisement est situé dans une ceinture nickellifère régionale, soit plus présisément le long d'un synclinal de 1000 (300 m). D'âge précambien, la roche environnante présente un faciès métamorphique amphibolite.

.Géologie locale

Le gisement est contenu dans un schiste à biotite entouré d'une séquence de roche composée de quartzite, de gneiss, d'amphibolite et de skarn non altéré (voir figure 3.1 et 3.2). Du coté de l'éponte supérieure on retrouve un skarn lessivé. Quelques intrusions de péridotite ont été observées au travers de la zone minéralisée.


HEADFRAME
PUITS #3
Protection dam
Digue de retenue
Lake
Lac
CREST - HAUT
CREST - HAUT
Proposed overburden removal
Limite proposée d'enlèvement de mort-terrain
Lake
Lac
CREST - HAUT
LEGEND - LEGENDE
Mineralized zone
Zone minéralisée
Schist
Schiste
Biotite gneiss, amphibolite, unleached skarn, quartzite
Gneiss à biotite, amphibolite, skarn non-lessivé, quartzite
Stope
Chantier
NOTE: Summary geology
Géologie sommaire
0 200 400
feet - pieds
NOCHE
MINE #3 MINE
SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE
Date
07/85
Figure
3.1



LEGEND - LEGENDE

- Ore zones
  Zones minéralisées
- Biotite gneiss, amphibolite, unleached skarn, h.w. and f.w. quartzite.
  Gneiss à biotite, amphibolite, skarn non-lessivé, épontes de quartz.
- Hanging wall: schist
  Eponte supérieure: schiste
- Leached skarn
  Skarn partiellement dissout
- Footwall: schist
  Eponte inférieure: schiste
- Overburden
  Mort-terrain

NOTE: Schematic section
Coupe schématique

noche

MINE ® 3 MINE

GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE

Date	Figure
06/85	3.2

.Caractéristiques du gisement

Le gisement est un dépôt de sulfures bréchiques d'affiliation ultra-mafique contenant du nickel. Le dépot est une veine continue d'épaisseur variable. Les dimensions du giesement se détaillent comme suit:

longueur	largeur	profondeur
16 400 pi (5000 m)	10 -150 pi (3- 45 m)	4430 pi (1350 m)

Le pendage moyen de gisement est 65^{0} E. et les piliers de surface sont orientés NS (voir figure 3.1)

La production minerai de nickel est continuelle et environ 6 500 tsont extraites journalièrement.

3.2 ENVIRONNEMENT MINIER

Tous les piliers de surface s'étendent en dessous d'un lac. En surface, une digue de retenue longe parallèlement l'axe des piliers , à une distance d'environ 1600 pi (490 m) de ceux-ci. Les piliers se terminent à environ 50 pi (15m) d'un puits situé au nord du lac (voir figure 3.1).

Aucun tassement n'a été observé en surface.

3.3 MORTS - TERRAINS

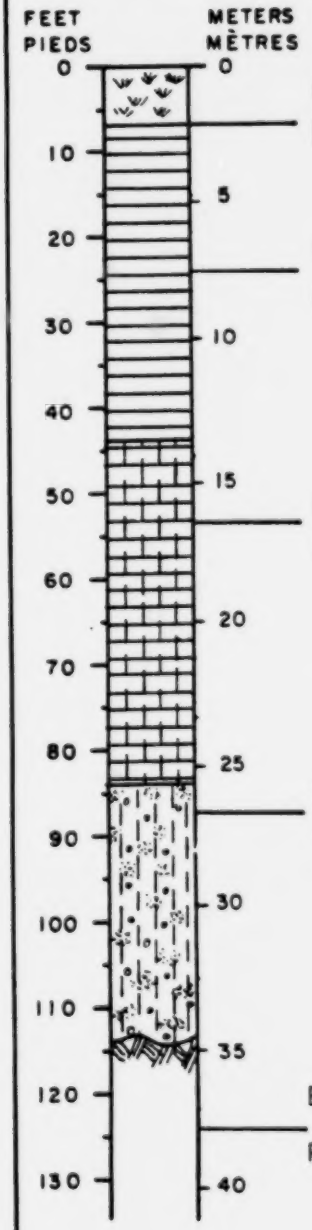
.Etudes et travaux

Environ 50 trous de forages ont été effectués en 1981 au dessus et autour du lac. Des piézomètres et des essais géotechniques ont été effectués dans ces sondages. Le profil du terrrain et les propriétés géotechniques ont été determinés par un consultant extérieur. Dans un avenir rapproché, la direction minière compte exploiter les piliers de surface à ciel ouvert et des études de conception ont déjà été entreprises. Un deuxième consultant extérieur a étudié l'influence de cette future exploitation sur les travaux souterrains: la zone étudiée a été limitée entre 0 et 1000 pi (305 m) de profondeur. La procédure générale que la compagnie entend suivre suite aux recommandations est explicitée plus loin dans les sections 3.4 et 3.9

.Stratigraphie et caractéristiques

La stratigraphie simplifiée obtenue le long de l'axe longitudinal du gisement est donnée à la figure 3.3.

SOIL STRATIGRAPHY
STRATIGRAPHIE DU SOL



Organic layer 7' (2.1m)
Dépôts organiques

Clay 37' (11.2m)
Argile

Middle varved clay and silt 40' (12.2m)
Argile varvée centrale et silt

Sand, silt and gravel 25-30' (7.6-9.1m)
Sable, silt et gravier

Bedrock
Roc

Note: lake in surface : 10' (3m) depth
lac en sufrace : 10' (3m) de profondeur

ROCHE associés ltée Groupe-conseil 2535, boul Laurier Sainte-Foy, Québec G1V 4M3 Canada (418) 871 9600 Telex QBC 051 31593	MINE # 3 MINE	Date 07-1985	Figure 3.3

L'assèchement du lac est pratiquement terminé et une drague est présentement utilisée pour enlever le mort-terrain. Actuellement la profondeur d'eau est environ 10 pi (3m) et l'épaisseur des sols situés sous le lac varie de 70 à 170 pi (21 à 52m). La quantité importante d'argile oblige la direction à concevoir des pentes douces pour éviter des glissements de terrain.

Le tableau 3.1 donne quelques caractéristiques des sols étudiés.

SOILS CHARACTERISTICS

CARACTÉRISTIQUES DES SOLS

TABLE: 3.1
TABLEAU: 3.1

PARAMETERS PARAMÈTRES		CLAY ARGILE	SILT SILT	SAND & SILT SABLE & SILT	GRAVEL GRAVIER	CLAY & SILT ARGILE & SILT
UNIT WEIGHT POIDS VOLUMIQUE	lb/ft^3 (kN/m^3)	110 (17)		130 (20)		110 (17)
LIQUID LIMIT LIMITE DE LIQUIDITÉ	%	50-70		-		-
PLASTIC LIMIT LIMITE DE PLASTICITÉ	%	20-30		-		-
WATER CONTENT TENEUR EN EAU	%	20-70		-		-
APPARENT COHESION COHÉSION APPARENTE	lb/ft^2 (kN/m^2)	400-800 (19-38)		-		600-1200 (29-58)
EFFECTIVE COHESION COHÉSION EFFECTIVE	lb/ft^2 (kN/m^2)	-		-		-
APPARENT ANGLE OF FRICTION ANGLE DE FROTTEMENT APPARENT		-		-		-
SPT BLOW COUNT NOMBRE DE COUPS SPT		10-60 $\bar{x}$ = 30		10-50 $\bar{x}$ = 30		20-80 $\bar{x}$ =40
COEFFICIENT OF PERMEABILITY COEFFICIENT DE PERMÉABILITÉ x 10^{-7}cm/s		-		-		3-500

3.4 MASSIF ROCHEUX

. Nature des roches

Le massif rocheuix contenant le gisement se détaille comme suit:

éponte inférieure: schiste à biotite et péridotite
gisement : sulfures massifs
éponte supérieure: schiste à biotite, péridodite et skarn lessivé

Le skarn lessivé demeure compétent, selon la direction de la mine.

. Géologie structurale

Deux types de failles caractérisent une zone de cisaillement localisée sur la propriété minière:

	Orientation	Pendage
1er type	N 80° E	80° NO
2e type (mineur)	N 80° E	45° SE

Trois familles de joints ont été étudiées et évaluées selon les critères explicités dans la classification NGI. Les tableaux 3.2 et 3.3 résument les données recueillies sur ces familles. Parfois on retrouve également de la mylonite dans les fractures situées dans les épontes, près du gisement. Le contact gisement-épontes est franc et aucun déplacement n'a été observé.

TABLE: 3.2
TABLEAU: 3.2

JOINTS SET
FAMILLES DE JOINTS

Parameters Paramètres	#1	#2	#3
Length (ft) Longueur(m)	164 (50)	7 (2)	16 (5)
Spacing (ft) Espacement (m)	1,3 (0,4)	2,0 (0,6)	7,5 (2,3)
Aperture (ft) Ouverture (m)	tight serré	tight serré	tight serré
Infilling Matériaux de remplissage(1)	silica, carbonate, graphite, mica silice, carbonate, graphite, mica		
Surface roughness Rugosité des joints	rough or irregular to slickensided, undulating rugueux ou irrégulier à glissant, ondulé		
Joint water pressure Pression d'eau	dry or minor inflow sec ou écoulement mineur		
Joint alteration Altération	slightly altered légèrement altéré		
Stress reduction factor Facteur réduction de contraintes	medium stress contrainte moyenne		

(1) Ces matériaux peuvent atteindre jusqu'à 1 ou 2 mm d'épaisseur.

ROCK CHARACTERISTICS

CARACTÉRISTIQUES DE LA ROCHE

TABLE 3.3

TABLEAU 3.3

LOCATION EMPLACEMENT		FOOT WALL ÉPONTE INFÉRIEURE		OREBODY GISEMENT	HANGING WALL ÉPONTE SUPÉRIEURE
ROCK TYPE TYPE DE ROCHE		Biotite gneiss, amphibolite, skarn, quartzite Gneiss à biotite, amphibolite, skarn, quarztite	Biotite schist Schiste à biotite	Massive sulphides Sulfures massifs	Biotite schist Schiste à biotite
DENSITY DENSITÉ		2,65	2,7	3,9	2,7
COMPRESSIVE STRENGTH RÉSISTANCE EN COMPRESSION	psi x 10^3 (MPa)	20-22 (135-153)	10-20 (70-138)	10 (69)	10-20 (70-138)
SHEAR STRENGTH RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT	psi x 10^3 (MPa)				
TENSILE STRENGTH RÉSISTANCE EN TENSION	psi x 10^3 (MPa)	1-3 (7-18)	1-2 (9-12)	1-2 (6-11)	1-2 (9-12)
POINT LOAD STRENGTH INDICE DE DOUBLE POINCONNEMENT	psi x 10^3 (MPa)	9	6	7	6
POISSON'S RATIO RAPPORT DE POISSON		0,23	0,17	0,25	0,17
YOUNG'S MODULUS MODULE DE YOUNG	psi x 10^6 (G Pa)	10 (70)	9 (65)	9 (65)	9 (65)
RQD %		65	61	60	61
GEOMECHANICAL CLASSIFICATION CLASSIFICATION GÉOMÉCANIQUE		9	4	5	1

Des mesures de contraintes naturelles ont été effectuées au niveau 400 à l'aide de cellule USBM et CSIRO.
Le rapport des contraintes horizontales sur les contraintes verticales varait autour de 4:

σ_h = 1.7 - 2,3 KSI (12 -1G MPA)

σ_v = 0,4 - 0,6 KSI (3 - 4 MPA)

Au niveau 1000, le rapport descend à 2 et au niveau 4000 à 1. L'orientation des contraintes naturelles maximales, recoupe à environ 65^0 l'axe de foliation des roches hôtes.

Un programme de mécanique des roches a été récemment instauré un collaboration avec le personnel technique de la compagnie et une firme de consultant extérieure. Ce programme est axé principalement sur la connaissance du massif rocheux et sur la prédiction de son comportement face aux travaux miniers. Le programme s'étend sur une période de 12 mois et couvre les aspects suivants:

- géologie
- propriétés des matériaux
- contraintes
- comportement de la mine
- modèle géomécanique
- analyse de la mine à ciel ouvert
- modèle numérique
- analyse des effets de la mine à ciel ouvert sur les travaux souterrains.

Les caractéristiques du massif rocheux sont détaillées dans le tableau 3.3. La résistance en compression des schistes à biotite variait selon l'orientation de la foliation:

Orientation de la foliation p/r à la force appliquée	Résistance en compression
< 50°	10 KSI (70 MPA)
50-70°	15 KSI (104 MPA)
> 70°	20 KSI (138 MPA)

L'angle de friction de base des roches encaissantes est estimé à 20°

Les valeurs de R.Q.D. sont calculées par le géologue: celui-ci mentionne que ces valeurs sont rapides à obtenir avec un minimum d'expérience et que cette procédure entraîne peu de coûts supplémentaires.

Les coefficients de perméabilité de la roche en place ont été évalués à partir de tests de pression d'eau effectués dans des trous de sondage, des valeurs R.Q.D. et le nombre de famillles de joints. Les coefficients variaient entre 10^{-6} cm/sec lorsque l'écoulement était perpendiculaire à la foliation et 10^{-4} cm/sec lorsque l'écoulement était parallèle.

A partir d'essais de terrain, une correspondance entre l'indice de double poinçonnement avec carottes de type NX et la résistance en compression uniaxiale a pu être établie:

$$I_S \text{ (MPa)} \quad 0{,}043 \; \sigma_c \text{ (MPa)}$$

Les constantes m et s de l'équation

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m \sigma_c \sigma_3 + \sigma_c^2}$$

ont été estimées à partir des propriétés des roches; les valeurs m et s sont présentées ci-après selon les types de roche, la cote NGI et le tableau suggéré par Hoek et Brown (1980, p. 176)

Types de roche		NGI	m	s
éponte supérieure	gneiss à biotite	11	2,5	0,004
	quartzite	8	1,4	0,003
	amplibolite	8	2,5	0,004
	skarn	9	1,5	0,004
	skarn lessivé	0,03	0,007	0
	schiste à biotite	4	0,5	0,001
gisement	sulfures massifs	5	0,6	0,0001
	"" "" bréchés			
éponte inférieure	schiste à biolite	1	0,2	0,0001
	quartztite	7	1,3	0,003

3.5 CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES

.Morts - terrains

Le draguage de sédiments de fond de lac se poursuit présentement (été 1985) et la cédule d'assèchement complet du lac n'est pas encore planifiée.

.Massif rocheux

Tel que mentionné dans la section 3.4' le coefficient de perméabilité varie entre 10^{-4} et 10^{-6} cm/s et les débits d'eau pompée sous terre atteignent 580 (US)GPM (37 l/s), avec des pointes allant jusqu'à 890 (US)GPM (56 l/s). Les eaux provenant du remblai hydraulique et des eaux usées sont estimées à 380 (US)GPM (24 l/s) avec des pointes allant jusqu'à 710 (US)GPM (45 l/s). La station principale de pompage est située au fond du puits #1.

3.6 OPERATIONS MINIÈRES

.Méthodes d'exploitation

Actuellement la direction utilise les méthodes d'exploitation suivantes;

	% d'utilisation
coupe et remblai	60
VBM ("Vertical Block Mining")	30
Sous cavage ("Undercut")	10

La méthode coupe et remblai mécanisée est utilisée pour l'exploitation normale des chantiers et le recouvrement des piliers est fait par sous cavage et remblayage. La méthode VBM est présentement à l'essai dans plusieurs chantiers.

.Conditions d'opération

Les chantiers supérieurs ont été exploités par la méthode coupe et remblai avec des pourcentages d'extraction de 90 et de dilution de 30. Une période de trois mois s'écoulait généralement entre la fermeture d'un chantier et son remblayage.

La séquence de minage suivie généralement dans les chantiers est du bas vers le haut et du centre vers les extrémités, dans la direction longitudinale. Pour l'ensemble de la mine, l'exploitation s'effectue du haut vers le bas. Au moment de l'exploitation des chantiers supérieurs, les planchers n'étaient pas cimentés; maintenant tous les planchers sont systématiquement cimentés pour les chantiers de coupe et remblai.

3.7 SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT

.Soutènement primaire

Des piliers de paroi ont été laissés en guise de support primaire. Ces piliers varient de 80 à 130 (24-40 m) d'épaisseur et leur largeur suit celle du gisement.

.Remblayage et renforcement

Tous les chantiers supérieurs ont été remblayés par des résidus minièrs (remblai hydraulique 50% solide) traités au cyclone. Des tours de bois avec des toiles de jute avaient été erigés pour accélérer le drainage des chantiers. La remblai est soutenu par des structures de bois.

Les piliers de surface ont été boulonnés systématiquement avec des boulons conventionnels de 6 pi (2 m) de longueur et espacés de 3 à 4 pi (0,9 -1,2m). Les boulons sont généralement perpendiculaires à la schistosité. ou à la foliation. Dans les chantiers plus profonds, des câbles sont parfois installés pour le soutènement des toits.

Des essais de traction et de torque ont été effectués sur des boulons, cependant les résultats de ces tests n'étaient pas disponibles.

3.8 PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE

.Mesure des contraintes

Des mesures de contraintes ont été prises dans la roche et le remblai à l'aide de cellules de pression. Dans certains chantiers des cellules de pression des terres "IRAD" ont été installées dans le remblai.

Des cellules bi-axiales et tri-axiales ont été installées dans le massif rocheux, soit dans trois niveaux différents de la mine. Les mesures "in situ" étaient parfois faussées par la pression d'eau dans le trou de sondage ou encore par la colle qui cédait ou ne durcissait pas . Huit essais ont été réussis sur un total de 13.

Tel que mentionné à la section 3.5, le rapport des contraintes horizontales sur les contraintes verticales est égale à 4 au niveau 400, soit à la base des piliers de surface.

Les mesures de contraintes proviennent de trois sources différentes:

1. cellules "CSIRO"
2. cellules "USBM"
3. Mesures de CANMET

.Mesure des déplacements

Des cables vibrationnels reliés à un tableau de lecture digitalisé donnent un suivi des déplacements dans

certains chantiers inférieurs réputés instables. Des mesures directes des déplacements sont parfois prises entre des tiges métalliques fixées dans les épontes.

Aucune mesure de déplacment n'a été effectuée dans la région des piliers de surface.

.Autres programmes

Aucun programme spécifique de surveillance n'est actuellement appliqué pour les piliers de surface.

3.9 CONCEPTION DU(DES) PILIERS DE SURFACE

.Personnel impliqué

Les personnes et les départements impliqués dans la conception des piliers sont présentés à la figure 3.4. Les départements de recherche, de géologie et de l'ingénierie minière sont directement impliqués dans le dimensionnement des piliers de surface. L'assistant du vice-président de la division ingénierie entérine les décisions découlant de ces trois départements.

La compagnie a initié et participé à des programmes de reconnaissance des caractéristiques des sols et du massif rocheux.

En collaboration avec le personnel de la compagnie, des experts conseils d'une firme extérieure ont planifié une procédure "étape par étape" pour exploiter le gisement d'une façon économique et sécuritaire.

.Etapes chronologiques

Les chantiers supérieurs (niveau 400) ont été exploités au cours des années 60. Par la suite, un programme d'investigation concentré sur la partie supérieure du gisement, soit entre 0 et 1000 pi (305 m) de profondeur, a permis d'évaluer l'impact d'une éventuelle mine à ciel ouvert sur les travaux souterrain et de définir une séquence d'exploitation des chantiers situés à plus de 1000 pi (305 m) de profondeur. Les détails du programme d'investigation n'étaient cependant pas disponibles.

ORGANIZATION CHART - PILLARS DESIGN
ORGANIGRAMME - CONCEPTION DES PILIERS

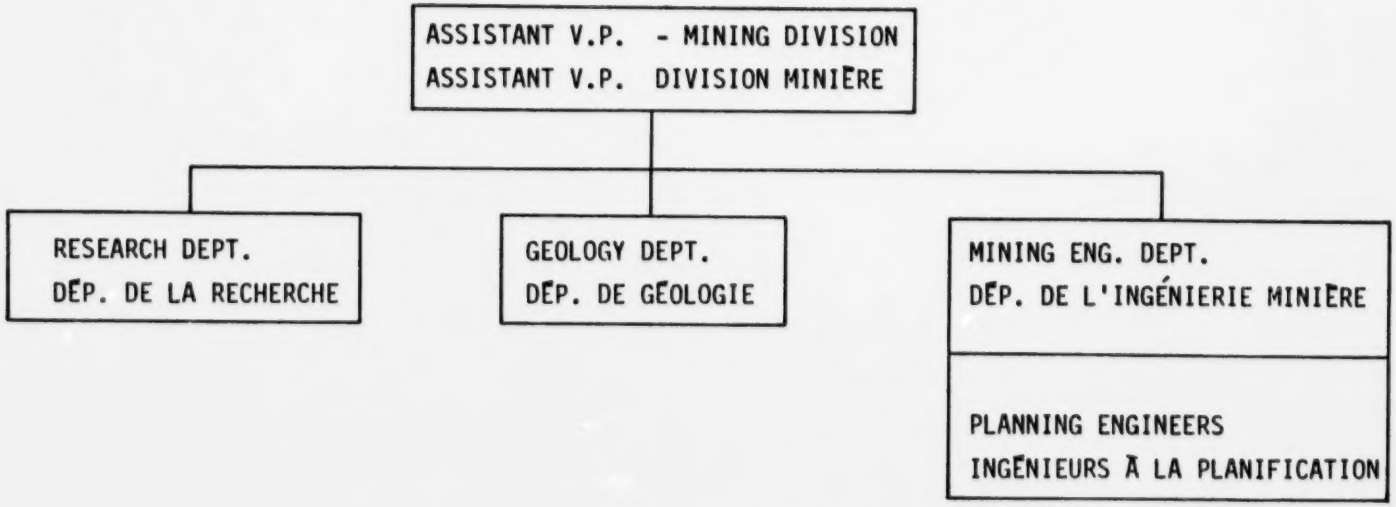


Figure 3.4

Selon la direction, les piliers de surface seront exploités à ciel ouvert aussitôt que le mort-terrain sera enlevé et la dernière tranche de minerai sera récupérée par le niveau souterrain sousjacent.

. Facteurs de conception

Les facteurs de conception des piliers de surface ont été basés sur un approche conservatrice, compte tenu de l'épaisseur considérable de mort-terrain recouvert d'un lac. Une épaisseur moyenne de 240 pi 73 m) a été choisie pour l'ensemle des piliers: cette valeur était basée sur l'expérience pratique de la direction et sur les dimensions de la partie supérieure du gisement.

Depuis 1965, différents essais en mécanique des roches ont été effectués sur les principaux type de roches rencontrés dans la mine. Depuis ce temps, la conception des piliers s'appuie de plus en plus sur les propriétés mécaniques des roches et sur des modèles numériques simulant les conditions prévalant dans la mine (géologie, hydrogéologie, géométrie des excavations...)

.Dimensions des piliers

Les dimensions des piliers de surface sont présentées dans le tableau 3.4. Le rapport épaisseur/largeur varie de 1.2 à 8.3.

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 3.4
TABLEAU 3.4

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	60 (18)	70 (21)	90 (27)	110 (33)	60 (18)	90 (27)	70 (21)	
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	230 (70)	220 (67)	250 (76)	200 (61)	260 (79)	240 (73)	260 (79)	
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	70 (21)	70 (21)	30 (9)	90 (27)	140 (43)	200 (61)	70 (21)	
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	780 (238)	900 (274)	800 (244)	1200 (366)	300 (91)	420 (128)	450 (137)	
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		3.3	3.1	8.3	2.2	1.9	1.2	3.7	
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)	600 (183)	600 (183)	600 (183)	600 (183)	600 (183)	600 (183)	600 (183)	
. FILL HEIGHT (EST) HAUTEUR DU REMBLAI	feet-pi. (m)	600 (183)	600 (183)	600 (183)	600 (183)	600 (183)	600 (183)	600 (183)	

3.10 EVALUATION VISUELLE DU (DES) PILIERS DE SURFACE

L'inspection visuelle a été limitée aux galeries longeant les chantiers remblayés du coté de l'éponte inférieure. Les parois sont généralement massives et pratiquement sèches. A l'occasion on observe quelques zones humides qui ne montrent cependant pas d'écoulement continuel ou goutte à goutte. Aucune faille majeure ou zones de cisaillement n'ont été observées. Les valeurs de R.Q.D. sont évaluées à environ 70%.

Le long d'une galerie traversant selon l'axe longitudinal des piliers de surfaces, des murs de retenues en bois contenant le remblai constitué de résidus miniers ont été observés.

3.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

La direction mentionne que l'exploitation des piliers de surface peut s'effectuer de deux façons:

- laisser une épaisseur plus que suffisante de minerai au dessus des chantiers supérieurs, exploiter la mine en profondeur et par la suite, revenir prendre le minerai dans les piliers de surface, (solution adoptée par la direction)

- exploiter définitivement les piliers de surface au début ou durant l'exploitation du gisement, tout en respectant les dimensions minimales requises pour assurer la stabilité et la sécurité dans les chantiers sous-jacents.

Les sondages n'apportent généralement pas assez d'information pour concevoir le dimensionnement des piliers de surface: l'expérience pratique doit compléter la conception des piliers. Celle-ci devrait regrouper les étapes suivantes:

- collection des données
- modélisation géomécanique
- analyses à rebours
- programme de surveillance durant l'exploitation.

MINE #4

TABLE DES MATIERES

		PAGE
4.0	RESUME DE LA VISITE	96
4.1	INFORMATIONS GENERALES	97
	.Géologie régionale	
	.Géologie locale	
	.Caractéristiques du gisement	
4.2	ENVIRONNEMENT MINIER	101
4.3	MORTS-TERRAINS	102
	.Etudes et travaux	
	.Stratigraphie et caractéristiques	
4.4	MASSIF ROCHEUX	106
	.Nature des roches	
	.Géologie structurale	
	.Caractéristiques	
4.5	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	109
	.Morts-terrains	
	.Massif rocheux	
4.6	OPERATIONS MINIERES	111
	.Méthode(s) d'exploitation	
	.Conditions d'opération	
4.7	SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT	113
	.Soutènement primaire	
	.Remblayage et renforcement	
4.8	PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE	114
	.Mesure des contraintes	
	.Mesure des déplacements	
	.Autres programmes	
4.9	CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	115
	.Personnel impliqué	
	.Etapes chronologiques	
	.Facteurs de conception	
	.Dimensions des piliers	
4.10	EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	120
4.11	COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	123

4.0 RESUME DE LA VISITE

Les piliers de surface recouvrent cinq chantiers partiellement remblayés. Le gisement est constitué de sulfures massifs riches en zinc. La partie supérieure du gisement consiste en une lentille qui atteint la surface du roc et qui est orientée N23°O avec un pendage 45°NE.

Les conditions de terrain au-dessus du gisement ont été modifiées au cours des années de la façon suivante:

conditions initiales: lac en surface et sols glaciaires.

conditions actuelles: après le creusage d'un canal de dérivation, le lac s'est transformé lentement en marécage. Les sols glaciaires seront éventuellement enlevés pour permettre l'exploitation à ciel ouvert des piliers de surface.

L'épaisseur des piliers de surface varie beaucoup d'un chantier à l'autre, soit 80 pi (24m) pour le chantier # 1, situé le plus à l'ouest et 160 pi (49m) pour celui situé le plus à l'est (#5). Les dimensions des piliers de surface sont basées sur l'expérience pratique de la direction. Dans un premier temps la direction avait choisi arbitrairement une épaisseur de 120 pi (37m), soit environ deux fois la largeur moyenne des chantiers supérieurs. Cette épaisseur fut modifiée en fonction des teneurs en minerai et de la position du contact sol-roc précisée au cours de l'exploitation.

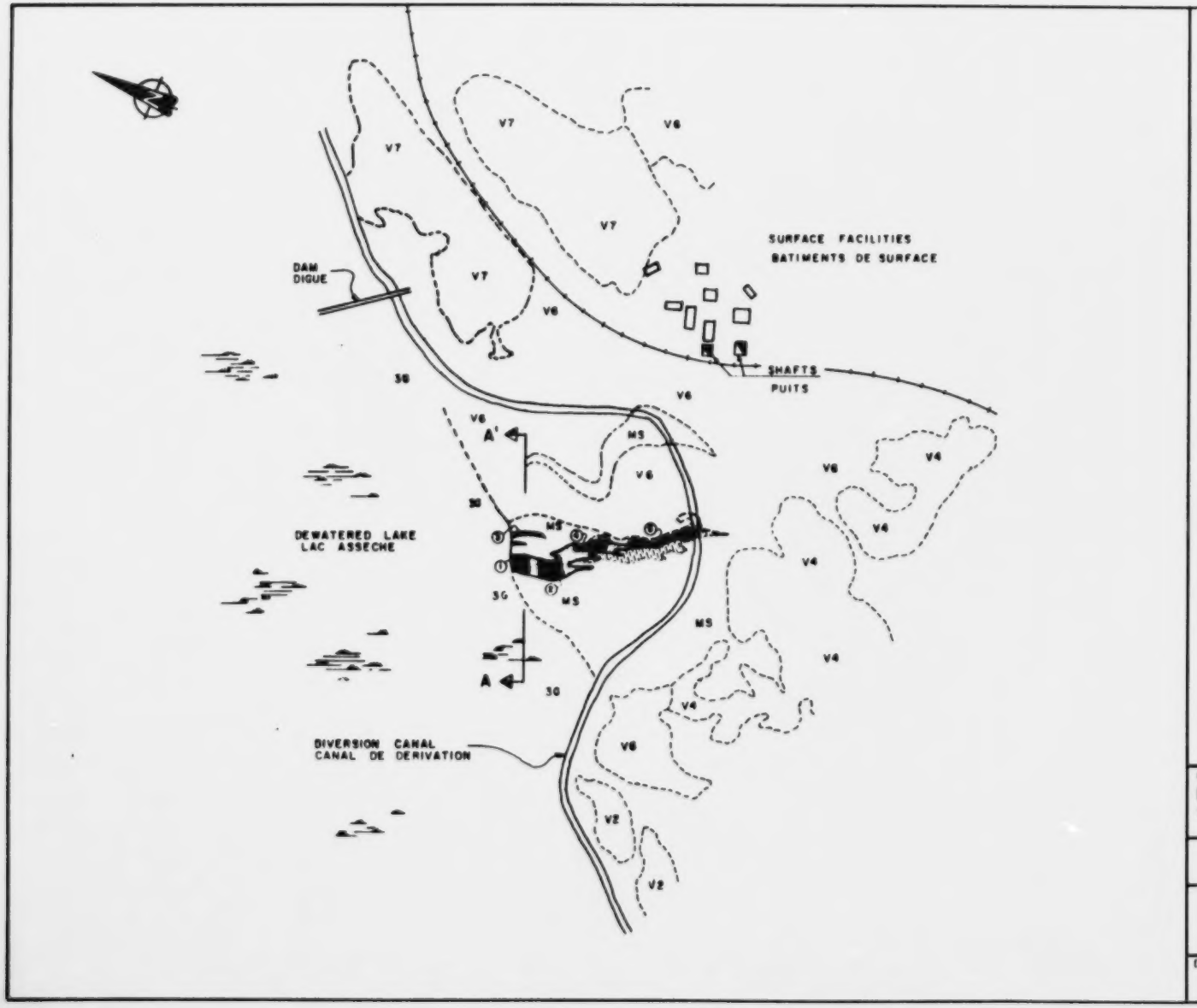
4.1 INFORMATIONS GENERALES

. Géologie régionale

La propriété minière est localisée dans la province géologique Churchill à environ 1½ mi (2½Km) à l'ouest d'un synforme long de plus d'une dizaine de miles et orientée NNE. La région est caractérisée par des intrusions de gabbro, des gneiss granitiques, des granites, des métasédiments et des roches volcaniques. Ces roches d'âge précambrien présentent un faciès métamorphique de type amphibolite et parfois schistes verts.

. Géologie locale

La mine est située dans une séquence de roches volcanogéniques contenant une bande minéralisée en sphalérite qui se subdivise en plusieurs lentilles à plus grande profondeur. Des tufs rhyolitiques métamorphisés en schistes à séricite et à chlorite et des gneiss à quartz et biotite caractérisent les épontes immédiates. Situées plus loin du gisement, on retrouve respectivement dans les épontes inférieure et supérieure des formations de gabbro et d'andésite (voir figures 4.1 et 4.2).



LEGEND - LEGENDE

- Ore zones / Zones minéralisées
- 3G — Gabbro
- Low grade sulphides / Sulfures basse teneur
- MS — Metasediments / Métasédiments
- V2 — Rhyolite
- V4 — Dacite
- V6 — Andesite / Andésite
- V7 — Basalt / Basalte
- Stope / Chantier

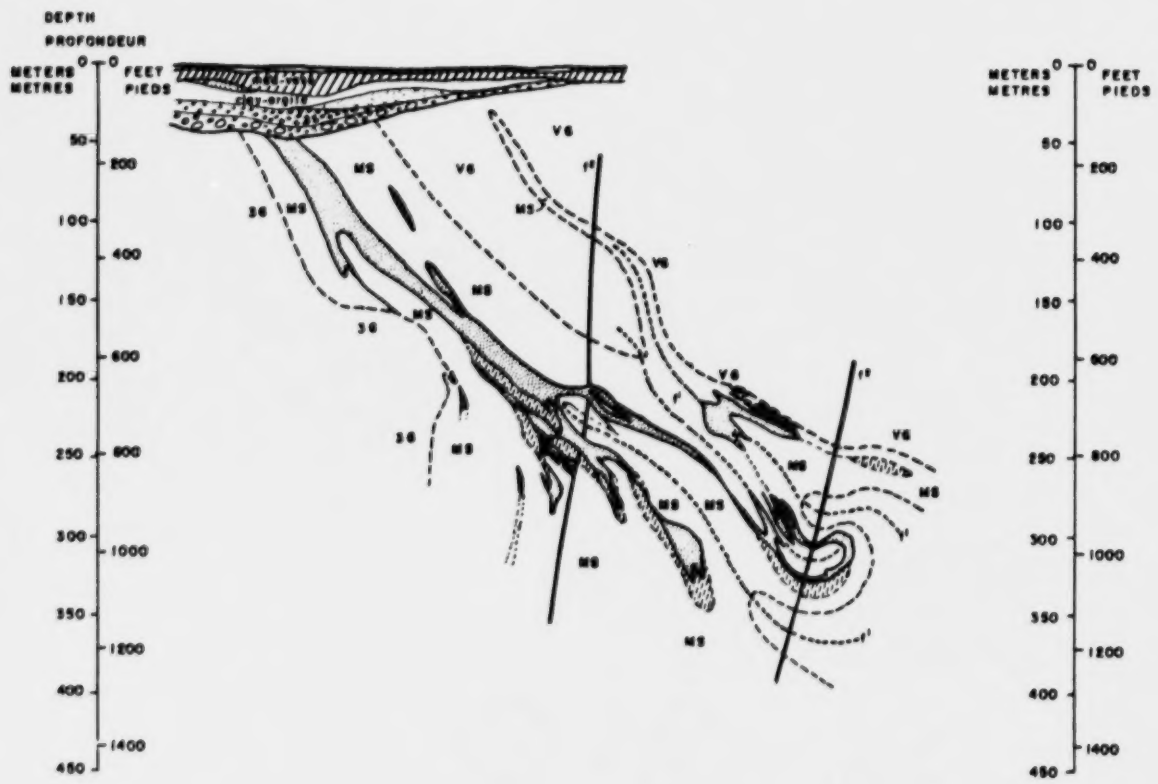
0 200 400
FEET - PIEDS

NOCHE

MINE #4 MINE

SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE

Date	Figure
06/85	4.1



LEGEND - LEGENDE

- Ore zones / Zones minéralisées
- SG — Gabbro
- Low grade sulphides / Sulfures basse teneur
- Tremolite carbonate rocks / Roches carbonatées et trémolite
- MS — Metasediments / Métasédiments
- V6 — Andesite / Andésite
- End Folds 1st trace of axial plane 2nd Phase fl de plissement
- 1st Folds fl trace of axial plane 1ère Phase fl de plissement

SECTION COUPE A-A'

NOCHE
Groupe conseil

MINE #4 MINE

GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE

Date	Figure
06/85	4.2

. Caractéristiques du gisement

La minéralisation est constituée de sulfures massifs riche en zinc et contenant un peu de cuivre, d'argent, d'or et de plomb.

Le gisement est du type métavolcanogénique composé de bandes volcaniques stratifiées.

Près de la surface le gisement est constitué principalement d'une zone massive de sphalérite, de pyrite, de pyrrhotine, de chalcopyrite, de carbonate et d'une gangue en forme de bandes de schistes à chlorite et à séricite. De la surface jusqu'à environ 600 pi (183m) de profondeur, cette zone massive minéralisée s'étend sur 800 pi (244m) de longueur et sur 60 pi (18m) de largeur. Le pendage moyen de cette partie du gisement est 45° NE et la direction N 23°O.

A plus grande profondeur, le gisement se subdivise en plusieurs zones orientées différemment. Ces zones peuvent atteindre plus de 1400 pi (427m) de profondeur.

La production journalière est de 800 t et les opérations s'effectuent sur une base continuelle.

4.2 ENVIRONNEMENT MINIER

Les piliers de surface sont situés au-dessous d'un lac maintenant asséché. Aucun programme de surveillance par instrumentation n'a été installé en surface. Par contre, aucun indice de tassement n'a été repéré visuellement.

Un canal de dérivation a été creusé pour assécher le lac et deux barrages sont présentement en construction afin de contenir l'eau hors de la zone surplombant les piliers de surface. Ces travaux visent l'exploitation des piliers de surface par la développement d'une mine à ciel ouvert (voir figure 4.1).

Une mine souterraine active est située à environ 2 000 pi (610m) plus à l'est. Aucune mesure spéciale n'a été appliquée en raison de la trop grande distance séparant cette mine de celle faisant l'objet de la présente étude.

4.3 MORTS-TERRAINS

. Etudes et travaux

L'exploitation des piliers de surface est envisagée depuis plus de 30 ans. Quelques études exécutées par le personnel de la compagnie et aussi par des consultants extérieurs donnent les principales étapes à suivre pour assécher le lac et les sols situés sur les piliers de surface. Dans les années 50, près de 10 000 pi (3 000m) de forage exécutés par la compagnie ont permis d'établir la stratigraphie des sols et la topographie du socle rocheux. La maille de sondage était de 150 pi x 150 pi. (46m x 46m). Les données de ces sondages ont permis d'établir le volume de sol à excaver avant d'exploiter les piliers de surface à ciel ouvert. Des sondages à partir des galeries et chantiers souterrains ont permis de préciser davantage le contact sol- roc.

Les pentes suggérées dans les sols entourant l'éventuelle mine à ciel ouvert sont:

année de l'étude	1957	1980
type de sol	pente	pente
sable+gravier+blocs	1 dans 2	
sable+argile	1 dans 2	
argile	1 dans 6	1 dans 5
argile+silt("mud")	1 dans 20	
silt		1 dans 2.7
silt+sable		1 dans 1.75

Les facteurs de sécurité utilisés dans les études de stabilité variaient entre 1.4 (glissement en coin) et 2.3 (glissement circulaire). Pour l'ensemble des sols le facteur de sécurité minimal étant de 1.81; dans l'argile il était de 2.1 dans le silt de 1.3, et dans les silts, sable et gravier de 1.45.

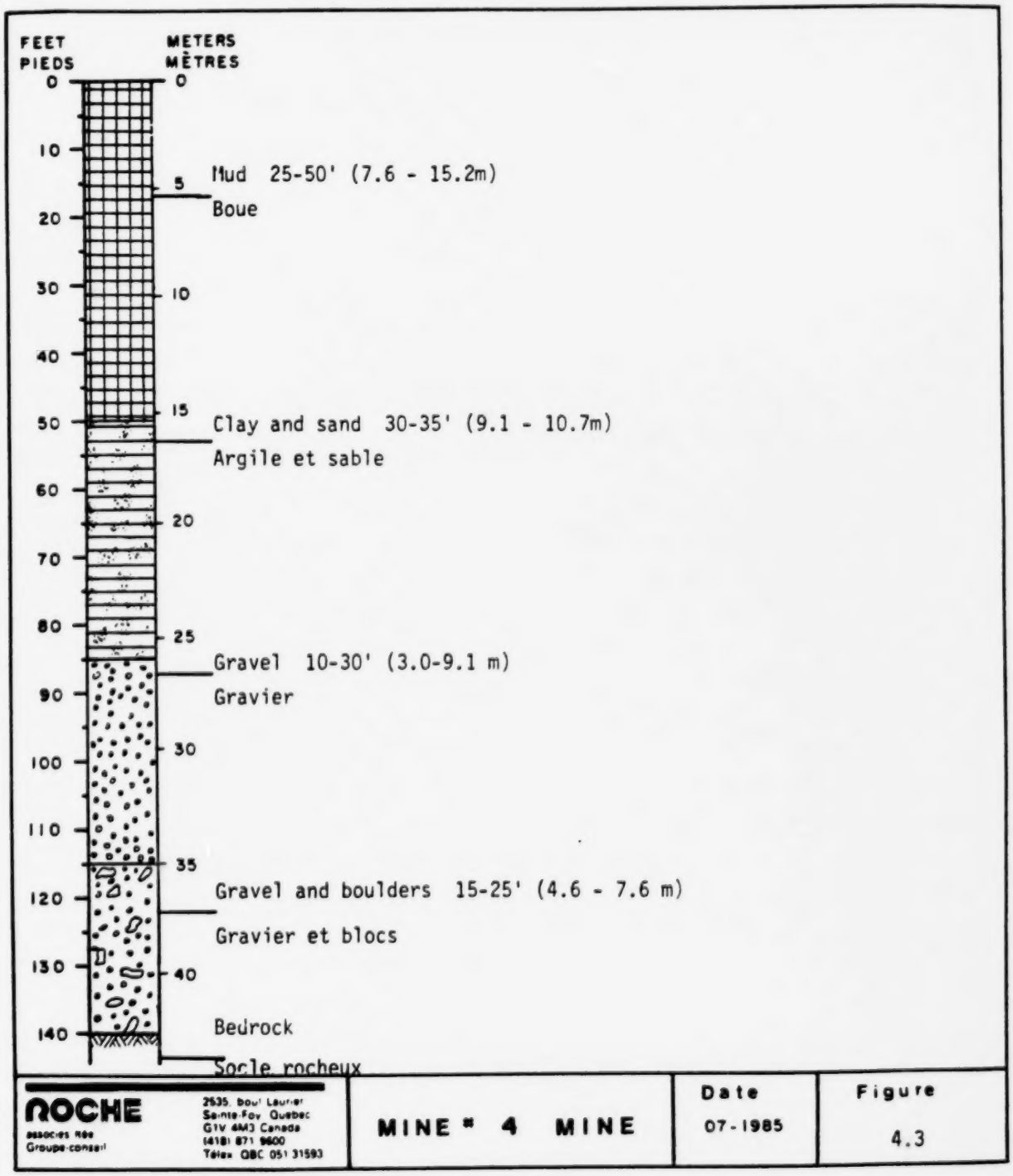
. Stratigraphie et caractéristiques

La figure 4.3 donne un apreçu des sols couvrant les piliers de surface. Les échantillons argileux prélevés sur le site minier sont inorganiques et possèdent une plasticité élevée. Le tableau 4.1 donne quelques résultats des tests effectués sur des échantillons prélevés lors du forage de deux puits dans les sols situés au-dessus de la mine. Les deux puits atteignent des profondeurs de 91 et 127 pi (28 et 39m) et des essais de pompage effectués dans ces puits n'ont pas donné de bons résultats en raison de problèmes techniques.

La nature du terrain en surface a changé depuis que le lac a été partiellement asséché durant les années 50. Aujourd'hui on peut observer une zone de marécage et par endroits des populations d'arbres relativement jeunes situées dans l'ancienne limite du lac.

La direction de la mine ne croit pas qu'il y ait possibilité de formation de canal d'érosion traversant les sols jusqu'au roc surplombant les chantiers souterrains supérieurs.

SOIL STRATIGRAPHY
STRATIGRAPHIE DU SOL



ROCHE associés ltée Groupe-conseil 2535, boul. Laurier Sainte-Foy, Québec G1V 4M3 Canada (418) 871 9600 Télex: QBC 051 31593	MINE # 4 MINE	Date 07-1985	Figure 4.3

SOILS CHARACTERISTICS

CARACTÉRISTIQUES DES SOLS

TABLE: 4.1
TABLEAU: 4.1

PARAMETERS PARAMÈTRES		CLAY ARGILE	SILT SILT	SAND & SILT SABLE & SILT	GRAVEL GRAVIER	
UNIT WEIGHT POIDS VOLUMIQUE	lb/ft^3 (kN/m^3)	102 (16)	124 (19)	124 (19)	124 (19)	
LIQUID LIMIT LIMITE DE LIQUIDITÉ	%	55-85	27	-	-	
PLASTIC LIMIT LIMITE DE PLASTICITÉ	%	7-28	-	-	-	
WATER CONTENT TENEUR EN EAU	%	56-59	21-33	-	-	
APPARENT COHESION COHÉSION APPARENTE	lb/ft^2 (kN/m^2)	500 (24)	10000(1) (479)	-	-	
EFFECTIVE COHESION COHÉSION EFFECTIVE	lb/ft^2 (kN/m^2)	8 (0,4)	0-1775 (0-85)	-	-	
APPARENT ANGLE OF FRICTION ANGLE DE FROTTEMENT APPARENT		-	35°(2)	45°		
SPT BLOW COUNT NOMBRE DE COUPS SPT		-	6-15	5-60	30-68	
COEFFICIENT OF PERMEABILITY COEFFICIENT DE PERMÉABILITÉ x 10^{-7}cm/s		4,5-7,8	3-50	-	-	

(1) Undrained - non drainé
(2) Drained - drainé

4.4 MASSIF ROCHEUX

. Nature des roches

La nature du massif rocheux se détaille comme suit:

éponte inférieure: métasédiments, gneiss à chlorite, schiste à chlorite et gabbro.

gisement: sulfures avec gangue de carbonate.

éponte supérieure: quartz à séricite, gneiss à biotite et andésite.

Le gisement est bordé d'une zone de silicification, de chloritisation et de séricitisation qui s'étend sur plus de 1 000 pieds de part et d'autre de la minéralisation. Des couches de carbonates et d'amphiboles, de l'ordre de quelques centimètres d'épaisseur, caractérisent les épontes. Des schistes et des gneiss à biotite, à staurolite et à grenats caractérisent également la roche hôte. La zone minéralisée est située dans le faciès métamorphique schistes verts.

. Géologie structurale

La géologie structurale du gisement est rendue complexe par l'action de deux phases de plissement et d'au moins trois familles de failles majeures. Les axes des plis de la première phase suivent le pendage du gisement alors

que ceux associés à la deuxième phase sont subverticaux (voir figure 4.2). Les trois familles de failles majeures se détaillent comme suit:

	Orientation	Pendage
1ère famille:	E - O	30°N
2ème famille:	N67°E	40-60°NO
3ème famille:	N47°E	50°NO

Ces failles recoupent le gisement et avec l'influence des phases de plissement donnent lieu à des systèmes de joints irréguliers. Le matériel de remplissage dans les failles est composé de mylonite, d'argile, de séricite et de sulfures. Ces plans de faiblesse contiennent généralement très peu d'eau.

Les joints montrent des orientations et des pendages irréguliers et sont discontinus. L'ouverture des joints demeure dans l'ordre du millimètre. Le matériel de remplissage est constitué de quartz et/ou carbonate. Environ 95% des joints sont secs et le dernier 5% ne montre qu'un écoulement goutte à goutte. La surface des joints est généralement lisse.

Aucune étude statistique n'a encore été effectuée sur les joints. Cependant, des travaux de cartographie des niveaux montrent que les linéations sont la plupart du temps parallèles aux axes des plis. La schistosité et le litage changent souvent d'orientation au niveau supérieur. Des essais de terrain menés dans la région et exécutés par la compagnie ont montré que les contraintes horizontales résiduelles valent approximativement le double des contraintes verticales.

Les contacts sont distincts entre le gisement et la roche hôte. Parfois, ils sont discordants et montrent un motif interdigité.

. Caractéristiques

Aucune propriété géomécanique du massif rocheux n'a été calculé ou testé dans cette mine. La valeur du R.Q.D et les classifications géomécaniques n'ont pas été utilisés comme outils de travail. La caractérisation au massif rocheux repose surtout sur les données de géologie structurale et sur l'appréciation visuelle du comportement de la roche. La densité moyenne des roches constituant les épontes et le gisement sont respectivement 2.77 et 4.04.

4.5 CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES

. Morts-terrains

Au-dessus des piliers de surface on retrouve un lac partiellement asséché par un canal creusé au cours des années 50. L'eau du lac continue de s'écouler tranquillement dans le canal de dérivation. Tel que mentionné dans la partie 4.2, deux digues seront érigées afin de retenir l'eau hors de la zone à exploiter. Les horizons perméables ont été identifiés dans les sols. Aucune valeur moyenne du coefficient de perméabilité n'a été obtenue en raison de difficultés mentionnées dans la partie 4.3.

L'exploitation de la partie supérieure du gisement fait l'objet de nombreuses études techniques internes.

. Massif rocheux

Le massif rocheux n'a pas fait l'objet d'étude hydrogéologique. Pour assécher la mine, trois puisards creusés sur trois niveaux différents recueillent l'eau qui est pompée par étape jusqu'en surface. Le taux de pompage moyen à la sortie de la mine est 74 (US)GPM (4.6 L/S).

En 1980, afin de mieux définir la minéralisation, trente-six (36) trous de sondage ont été effectués dans le pilier de surface. Ces trous ont été par la suite injectés de ciment pour contenir l'eau en surface.

Malgré la présence de marécages en surface, la mine ne recueille pas beaucoup d'eau: les couches de sols fins composées d'argiles et de silt argileux doivent agir d'écran imperméable.

4.6 OPERATIONS MINIERES

. Méthode(s) d'exploitation

Les chantiers supérieurs ont été exploités selon la méthode des chantiers ouverts avec abattage par longs trous. Les chantiers étaient minés à partir de sous-niveaux, par tranches verticales forées en éventail. A partir de 1 050 pi (320m) de profondeur, le gisement est exploité selon la méthode coupe et remblai.

. Conditions d'opération

Le pourcentage de recouvrement des réserves dans les chantiers supérieurs est d'environ 70% et la dilution près de 20%. La séquence de minage s'est déroulée généralement du haut vers le bas du gisement.

Les paramètres de sautage sont:

facteur poudre:	1-1.2 lbs/t (2 000 lbs) (0,4-0,5Kg/t)
diamètre des trous:	2po (5cm)
longueur des trous:	60pi (18m)
espacement (max) :	8pi (2.4m)
fardeau :	4pi (1.2m)

Les treillis métalliques sont utilisés à l'occasion dans les chantiers présentant des plafonds très fracturés. Le boisage est presqu'inexistant, mais au niveau 1450 une galerie a été boisée sur environ 40 pi (12m) de longueur.

Les chantiers supérieurs sont vides ou partiellement remplis de "slag" grossière . Les chantiers situés aux niveaux 850 et plus profond sont remplis de résidus miniers classifiés. La vitesse de l'eau s'écoulant au travers de ce remblai est environ 3½ po (8,9cm) par heure et sa granulométrie est la suivante:

# "Mesh"	% poids
+ 48	2.54
+ 65	4.27
+ 100	10.89
+ 150	15.83
+ 200	20.32
+ 325	23.38
- 325	22.77

4.7 SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT

. Soutènement primaire

Depuis plus de (15) ans que les chantiers supérieurs situés immédiatement en-dessous des piliers de surface sont sans support, exception faite des deux chantiers les plus larges qui sont séparés par un pilier de minerai de 35 x 80 pi (11 x 24m). Ce dernier sera éventuellement exploité.

. Remblayage et renforcement

Aucun boulonnage systématique n'a été effectué dans les chantiers supérieurs. Dans les chantiers inférieurs, des boulons standards de 5 à 6 pi (1,5 à 1,8m) de longueur sont utilisés pour solidifier les parois. Les boulons "swellex" sont parfois utilisés pour renforcer les points de soutirage là où la roche est plutôt schisteuse. Les boulons résinés sont très peu utilisés, sauf dans les zones où la fracturation est élevée. La répartition d'utilisation des boulons standards, "swellex" et résinés est respectivement de 95%, 4% et 1%.

Des câbles cimentés ont été utilisés dans un chantier inférieur: dans le but d'exploiter une zone minéralisée située entre deux chantiers déjà exploités et remplis de "slag", des câbles de 5/8 po (1,6cm) de diamètre ont été insérés et cimentés dans un réseau de trous de forage verticaux. Ce réseau se détaille comme suit: d'une longueur de 50 pi (15m) et disposés selon un patron de 10 x 10 pi (3 x 3m). Trous verticaux de 50 pi (15m) espacés selon un patron de 10 x 10 pi (3 x 3m).

4.8 PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE

. Mesure des contraintes

Aucune mesure de contraintes n'a été effectuée dans les ouvertures souterraines.

. Mesure des déplacements

Aucune mesure de déplacements n'a été effectuée.

. Autres programmes

Un programme de surveillance du niveau d'eau a été mis en place depuis environ huit ans. Des mesures du niveau d'eau sont effectuées mensuellement à la surface de la zone marécage et dans quelques piézomètres dispersés dans les sols surplombant les piliers de surface.

Des tournées d'inspection visuelle sommaires des chantiers supérieurs sont effectuées à chaque mois. Cependant, aucun rapport écrit ne découle de ces visites d'inspection.

La direction juge que le pilier de surface est sécuritaire et qu'il n'y a pas lieu d'entreprendre pour l'instant un programme de surveillance basé sur des mesures de contraintes/déformations.

4.9 CONCEPTION DU (DES) PILIER(S) DE SURFACE

. Personnel impliqué

La conception des piliers de surface relève du chef ingénieur du département d'ingénierie minière. Celui-ci examine les solutions proposées par les ingénieurs à la planification. Par la suite il discute de ces solutions avec les géologues et le chef ingénieur de l'ensemble des mines. Lorsqu'une solution est adoptée, elle est soumise au directeur des mines pour approbation finale. La figure 4.4 donne un aperçu des différentes personnes impliquées dans la conception des piliers.

Il n'y a pas de règle précise sur laquelle la direction minière s'appuie pour arrêter son choix sur telle ou telle méthode de conception. C'est plutôt sur l'expérience et la prudence qu'est basée le processus décisionnel.

Aucune étude particulière sur le pilier de surface n'a été effectuée par la compagnie, sauf pour la définition du contact sol-roc établie par un programme de forages. Ces sondages ont permis d'établir une stratigraphie détaillée des sols recouvrant le gisement.

Des consultants de l'extérieur ont étudié les moyens d'assécher le lac qui surplombait le pilier de surface ainsi que les moyens à prendre pour exploiter la partie supérieure du gisement à ciel ouvert.

ORGANIZATION CHART - PILLARS DESIGN
ORGANIGRAMME - CONCEPTION DES PILIERS

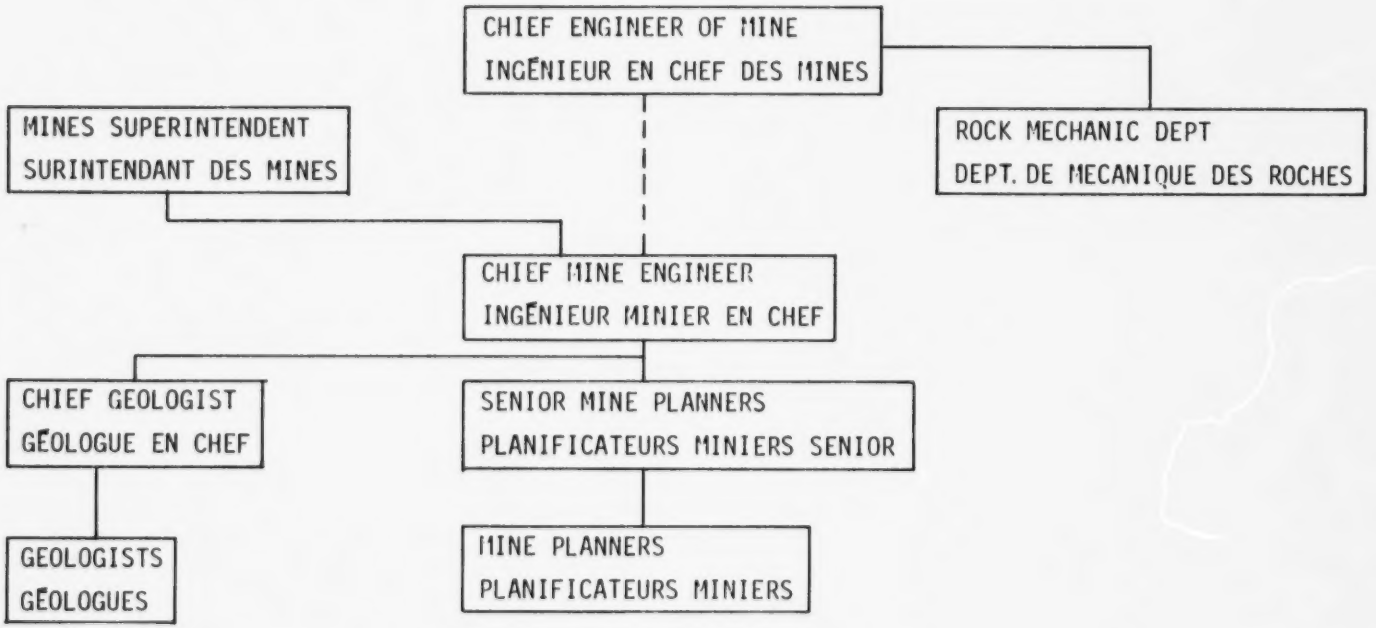


Figure 4.4

. Etapes chronologiques

La planification en vue d'exploiter la partie supérieure du gisement se résume à 3 étapes:

i) : exploitation par la méthode des longs trous et chantiers ouverts à partir du niveau 250 jusqu'à environ 120 pi (37m) au-dessous du sol rocheux.

ii) : exploitation par mine à ciel ouvert des piliers de surface.

iii : dernière phase de récupération des piliers laissés entre les niveaux 450 et 250.

. Facteurs de conception

La préservation temporaire des piliers de surface dépend particulièrement des conditions hydrogéologiques. Aussitôt que la partie supérieure sera asséchée, la direction entreprendra leurs exploitations. Les études préparatoires sont axées principalement sur la caractérisation des sols.

La procédure préliminaire de conception était basée uniquement sur l'expérience des personnes impliquées dans des projets similaires et sur les données recueillies au cours de ces projets. Au début des opérations minières l'épaisseur des piliers de surface avait été

fixée arbitrairement à environ 120 pi (37m) et sans utiliser d'approche basée sur des modèles théoriques.

. Dimensions des piliers

L'épaisseur actuelle des piliers de surface est sensiblement fonction des teneurs en zinc rencontrées dans les chantiers (voir tableau 4.2).

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 4.2
TABLEAU 4.2

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		# 1	# 2	# 3	# 4	# 5			
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	*	*	*	*	*			
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	140 (43)	140 (43)	140 (43)	110 (34)	60 (18)			
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	80 (24)	100 (30)	120 (37)	150 (46)	160 (49)			
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	40 (12)	90 (27)	40 (12)	30 (9)	35 (11)			
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	130 (40)	190 (27)	150 (46)	135 (41)	260 (79)			
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		2,0	1,1	3,0	5,0	4,6			
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)	180 (55)	140 (43)	200 (61)	260 (79)	200 (61)			
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI	feet-pi. (m)	100 (30)	100 (30)	160 (49)	220 (67)	170 (52)			

* swamps - marécages

4.10 EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE

L'inspection visuelle couvre les cinq chantiers supérieurs (voir figure 4.1) accessibles par le niveau 250. L'inspection a cependant été limitée aux abords des chantiers, ces derniers étant partiellement remblayés.

Les chantiers et les galeries d'accès montrent dans l'ensemble une roche massive et compétente où les plans de fractures sont discontinus et irrégulièrement espacés. Par endroits, on peut distinguer trois familles de joints découpant des blocs parallépipédiques. Ces joints sont généralement secs, sauf pour environ 20% de ceux-ci qui montrent une surface humide ou encore un léger écoulement de goutte à goutte. L'orientation et le pendage des joints varient beaucoup d'un endroit à l'autre.

Une estimation visuelle sommaire des parois rocheuses donne comme valeur de R.Q.D., de 70 à 80%.

Les épontes ne montrent pas de signes de distorsion ou de déplacements. Les trous de forage traversant ces roches sont demeurés ronds et ne semblent pas montrer des déformations dans la partie visible. Très peu de boulons ont été posés dans les galeries ou les chantiers.

L'arrivée d'eau dans les chantiers et les galeries semble très limitée. Les sondages ayant servi à évaluer la teneur du pilier de surface ne semblent pas avoir été cimentés par la suite. Des filets d'eau traversent certains trous de sondage et transportent des particules fines venant probablement des sols reposant sur le

pilier de surface. On observe au pied de ces trous des dépôts de silt argileux.

Les chantiers #1 et #2 ne contiennent qu'une faible quantité de remblai ("slag"). Le plancher de ces chantiers est distancé d'environ 100 pi (30m) du plafond. Des plans de schistosité bien développés et orientés selon le gisement caractérisent l'éponte inférieure de ces chantiers.

Près de l'entrée du chantier #3, une faille orientée subparallèlement au gisement caractérise l'éponte inférieure. Ce plan de fracture contient un à deux pouces (2.5 à 5 cm) d'épaisseur de matériel argileux et schisteux. Le toit du chantier est situé à plus de 40 pi (12m) du remblai ("slag").

Le chantier #4 montre un toit plus fracturé que les autres et les parois rocheuses étaient plus humides. Un début de cheminée s'est déjà formée dans le toit, près de l'entrée nord du chantier. Un treillis métallique était retenu au plafond par un boulon. Le toit du chantier est situé à environ 40 pi (12m) du remblai ("slag").

Le chantier #5 semble un peu plus remblayé que les autres, il y a environ 30 pi (9m) entre le toit et le remblai "slag". Le pendage de l'éponte inférieure est plus accentué que la moyenne du gisement, soit environ 60° au lieu de 45°.

Les conditions de terrain au-dessus du pilier de surface se résume à une zone de marécages entrecoupée d'îlots couverts de végétation, le tout reposant sur des dépôts granulaires.

4.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

Dans le but de concevoir les piliers de surface, la direction mentionne que l'élaboration de coupes géologiques détaillant le massif rocheux est une des premières étapes à franchir. Les types de sol situés au-dessus du gisement et le niveau du contact sol-roc sont également des facteurs à préciser.

Au cours des travaux de développement, une attention particulière doit être portée sur les conditions suivantes:

- "sloughing" ou écaillage des murs.
- chute de blocs
- géologie structurale

Les axes de recherche dans ce domaine devraient être basées plus particulièrement sur les relations géométriques des piliers de surface et leurs dimensions devraient être compilées dans une banque de données accessible au public.

MINE #5

TABLE DES MATIERES

		PAGE
5.0	RESUME DE LA VISITE	126
5.1	INFORMATIONS GENERALES	128
	.Géologie régionale	
	.Géologie locale	
	.Caractéristiques du gisement	
5.2	ENVIRONNEMENT MINIER	132
5.3	MORTS-TERRAINS	133
	.Etudes et travaux	
	.Stratigraphie et caractéristiques	
5.4	MASSIF ROCHEUX	135
	.Nature des roches	
	.Géologie structurale	
	.Caractéristiques	
5.5	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	137
	.Morts-terrains	
	.Massif rocheux	
5.6	OPERATIONS MINIERES	138
	.Méthode(s) d'exploitation	
	.Conditions d'opération	
5.7	SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT	139
	.Soutènement primaire	
	.Remblayage et renforcement	
5.8	PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE	140
	.Mesure des contraintes	
	.Mesure des déplacements	
	.Autres programmes	
5.9	CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	141
	.Personnel impliqué	
	.Etapes chronologiques	
	.Facteurs de conception	
	.Dimensions des piliers	
5.10	EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	145
5.11	COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	148

5.0 RESUME DE LA VISITE

Le gisement est constitué de dépôts métavolcaniques minéralisés en cuivre, zinc, argent et or. La partie exploitée montre une forme tabulaire pendant à 70°-75°E.

Un lac situé à environ 200 pi (60m) du chantier supérieur et un horizon aquifère reliant le chantier au lac ont motivé la direction de la mine à retarder l'exploitation de la partie supérieure du gisement.

Situées sous une couche de mort-terrain de 14 pi (4.3m) d'épaisseur deux formations de roches sédimentaires reposent en discordance sur les roches précambriennes:

- calcaire dolomitique très fracturé et perméable (26 pi: 8m).
- grès basal très perméable (7 pi : 2m).

L'exploitation du chantier supérieur a dû être interrompue en raison de la trop grande fracturation des parois. La méthode chambre magasin fut utilisée pour exploiter ce chantier; cependant pour l'ensemble des autres chantiers, la méthode VCR est utilisée.

Le pilier de surface avait été conçu originalement pour protéger en permanence les chantiers. Cependant, au cours des dernières années, la direction étudie la possibilité d'exploiter la partie supérieure du gisement.

Les principaux problèmes à résoudre pour exploiter en partie ou totalement le pilier de surface sont le degré de fracturation élevé des épontes au niveau 45, la faible compétence et la perméabilité des roches sédimentaires ordoviciennes surplombant le gisement.

Le dimensionnement du pilier a été basé sur l'expérience pratique et sur les données de terrain recueillies au cours des travaux d'exploration et de développement. Le pilier montre une épaisseur moyenne de 246 pi (75m), incluant les roches ordoviciennes.

5.1 INFORMATIONS GÉNÉRALES

. Géologie régionale

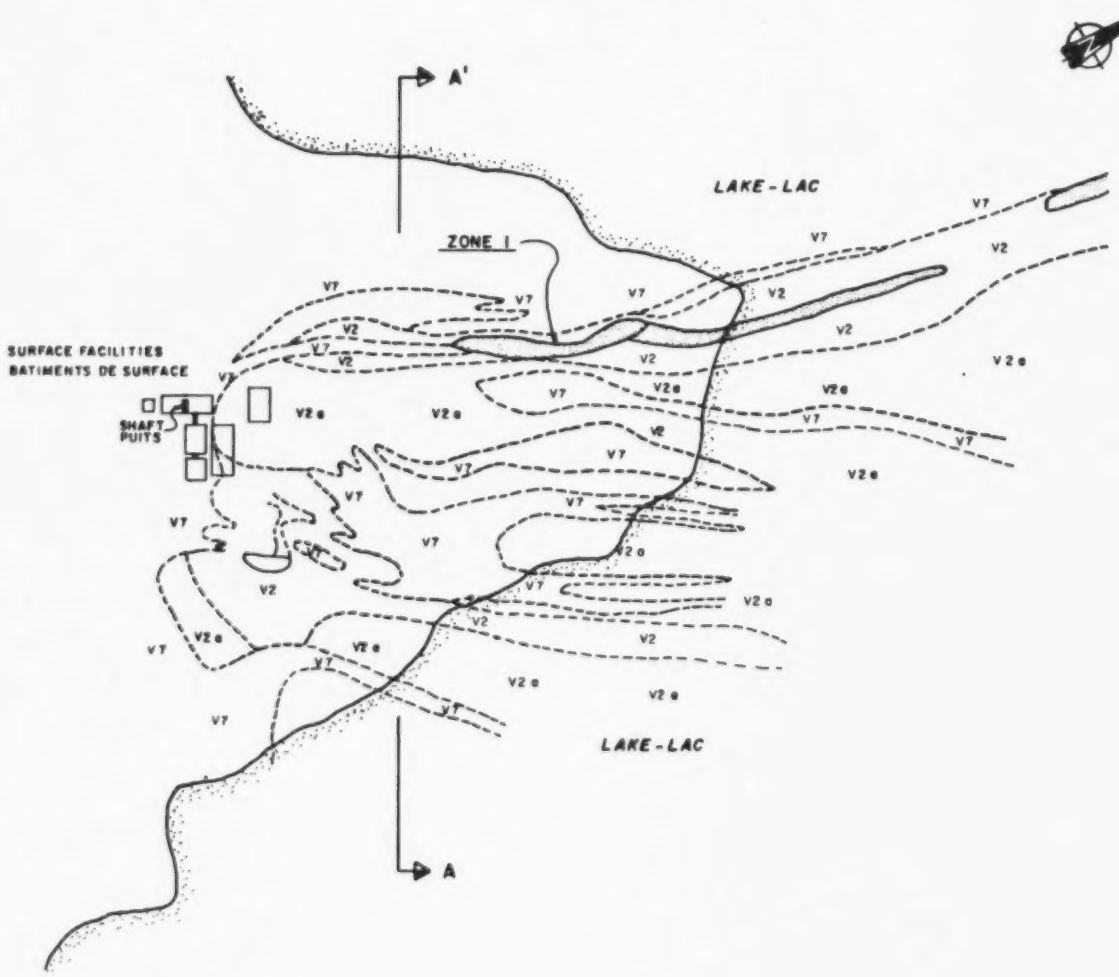
La propriété minière est localisée dans la province géologique Churchill. La région est caractérisée par des intrusions de gabbro, des gneiss granitiques, des granites, des métasédiments et des roches volcaniques. Ces roches d'âge précambrien présentent un faciès métamorphique de type amphibolite. Des roches sédimentaires d'âge ordovicien reposent en discordance sur les roches précambriennes.

. Géologie locale

La mine est située dans un assemblage de roches volcanogéniques composées principalement de rhyolite fragmentée (parfois silicifiée) de basalte, de dacite et d'andésite. Ces bandes de roches sont plissées étroitement et l'axe des plis suit la direction N-S ou NNE-SSO (voir figures 5.1 et 5.2).

. Caractéristiques du gisement

Le gisement est constitué de dépôts métavolcaniques minéralisés en cuivre, zinc, argent et or. Ce gisement est subdivisé en quatre zones orientées approximativement NS. Seule la zone # 1, située plus près de la surface, sera considérée dans cette étude. De forme tabulaire, cette zone montre un pendage de 70-75°E avec une plongée de 40-50°S.



LEGEND - LEGENDE

- Ore Zones / Zones minéralisées
- V7 — Basalt
- V2 — Fragmented rhyolite / Rhyolite fragmentée
- V2 a — Fragmented silicified rhyolite / Rhyolite silicifiée fragmentée

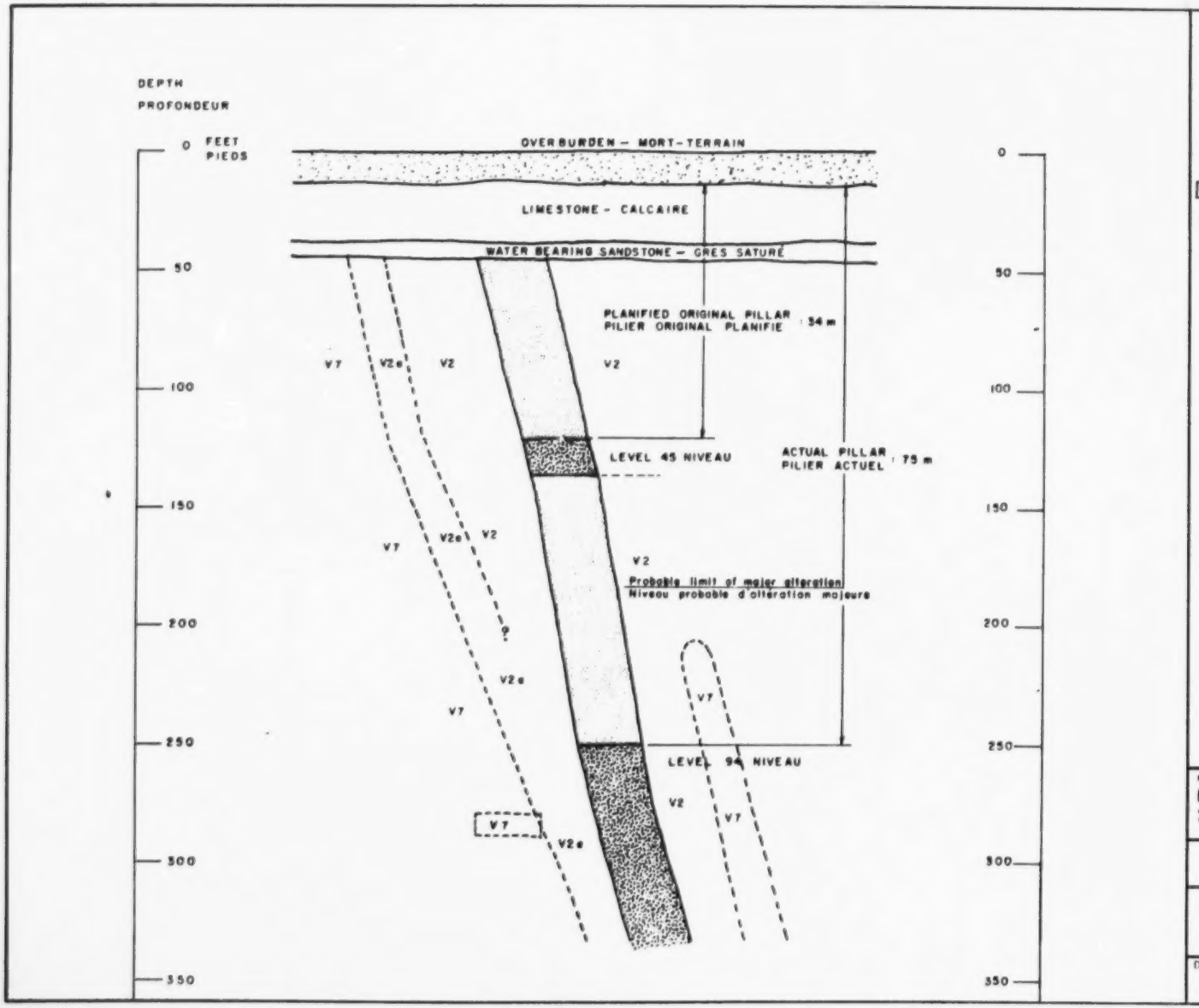
0 100 200
FEET - PIEDS

NOCHE

MINE # 5 MINE

SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE

Date	Figure
06/85	5.1



LEGEND - LEGENDE

- Ore zones / Zones minéralisées
- V7 Basalt
- V2 Fragmented rhyolite kaolinized / Rhyolite fragmentée kaolinisée
- V2 a Fragmented silicified rhyolite / Rhyolite silicifiée fragmentée
- Stope / Chantier

0 50 100
FEET - PIEDS

SECTION A-A'
COUPE

NOCHE

MINE # 5 MINE

GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE

Date	Figure
06/85	5.2

Les dimensions de la zone 1 se détaillent comme suit:

largeur	longueur	profondeur
355 pi (108 m)	20-45 pi (6-14m)	1880 pi (573m)

Un lac situé à proximité de la zone #1 et des formations aquifères reliant la mine à ce lac compliquent l'exploitation éventuelle du pilier de surface. De plus, les formations ordoviciennes localisées en discordance sur la roche hôte semblent posséder des comportements géomécaniques imprévisibles.

5.2 ENVIRONNEMENT MINIER

Aucune infrastructure n'est située au-dessus du pilier de surface et aucune autre mine n'est présente dans le voisinage. Un lac est situé è environ 200 pi (60m) de la région du pilier de surface et celui-ci est recouvert de sols: le niveau du lac varie légèrement entre 915 et 916 pi (278,9 - 279,2m) alors que le niveau du sol au-dessus du gisement se situe entre 920 et 925 pi (280-282m). Le niveau au col du puits est 927 pi (282,5m).

5.3 MORTS-TERRAINS

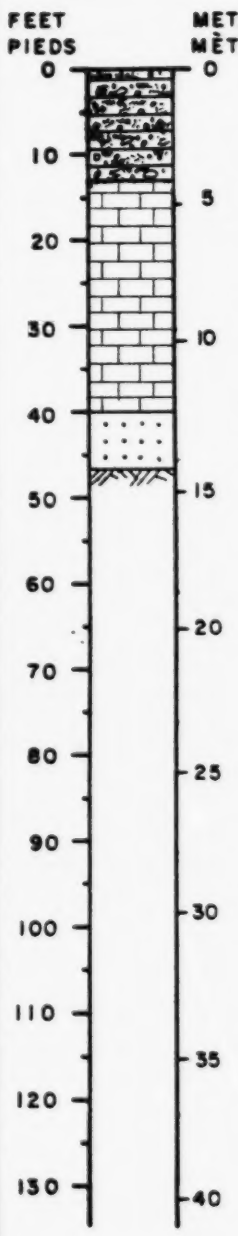
. Etudes et travaux

Aucune étude géotechnique n'a été effectuée sur la propriété. Par contre, les données recueillies durant la campagne d'exploration ont été utilisées pour établir la stratigraphie des sols. Les travaux de fonçage du puits et d'une cheminée de ventilation ont permis également de définir les sols.

. Stratigraphie et caractéristiques.

Les sols sont constitués d'une couche de matériel organique et d'un mélange de gravier, sable, blocs et argile (figure 5.3) totalisant 14 pi (4.3m) d'épaisseur. Au-dessous de ces sols s'étendent deux formations de roches sédimentaires: au contact du mort-terrain on retrouve un calcaire dolomitique (26 pi - 8 m d'épaisseur) et en-dessous un grès basal (7 pi - 2.1m d'épaisseur) perméable. La direction minière mentionne que ces deux formations rocheuses sont peu compétentes et que, par conséquent, elles sont considérées comme faisant partie du mort-terrain pour toute étude de stabilité des chantiers, galeries... de la partie supérieure de la mine.

SOIL STRATIGRAPHY
STRATIGRAPHIE DU SOL



Organic layer, gravel, sand, bouldersand clay 14 ft (4.3 m)
Horizon organique, gravier, sable, bloc et argile 14 pi (4.3 m)

Dolonitic limestone 26 ft (8 m)
Calcaire dolonitique 26 ft (8 m)

Sandstone 7 ft (2.2 m)
Gris 7 pi (2.2 m)

Bedrock (rhyolite)
Socle rocheux (rhyolite)

ROCHE associés ltée Groupe-conseil 2535, boul Laurier, Sainte-Foy, Québec G1V 4M3 Canada (418) 871 9600 Télex : QBC 051 31593	MINE * 5 MINE	Date 07 - 1985	Figure 5.3

5.4 MASSIF ROCHEUX

. Nature des roches

Le massif rocheux se détaille comme suit:

éponte inférieure: rhyolite fragmentée et andésite.
gisement : sulfures massifs
éponte supérieure: rhyolite fragmentée et dacite altérée.

L'infiltration de l'eau au travers du massif rocheux provoque les altérations suivantes:

- kaolinisation et augmentation de la porosité dans les épontes (jusqu'à 200 pi (60m) de profondeur).

- oxidation accentuée jusqu'à environ 20 pi (6m) de profondeur.

De plus une zone de chloritisation et de séricitisation s'étend dans les épontes immédiates.

. Géologie structurale

Aucune discontinuité majeure n'a été observée dans le gisement ou dans les épontes immédiates. Deux familles de joints localisés dans les épontes montrent un espacement de un à deux pi (0,3-0,6m). La première famille de joints est orientée N-S et le pendage moyen est 70°E et la deuxième famille suit la direction NE-SO et montre un pendage moyen de 86° vers le SE.

Aucun matériel de remplissage n'a été observé dans les joints et ceux-ci sont généralement serrés avec des parois sèches ou légèrement humides.

Selon des informations provenant d'une mine située à environ 60 km de la propriété visitée, la contrainte principale majeure est orientée NS et est pratiquement horizontale: cette contrainte a été estimée è environ 3000 psi/ (21 MPa) à 3200 pi (975 m) de profondeur. Le rapport "contraintes horizontales/ contraintes verticales" est évalué à 2.

Le contact épontes - gisement est net, surtout dans la zone d'altération (0-200 pi: 0-60 m de profondeur). Dans cette zone, la rhyolite kaolinisée est plus fragile que le gisement.

. Caractéristiques

Aucune propriété géomécanique du massif rocheux n'a été déterminée dans cette mine. La valeur du R.Q.D. et les classifications géomécaniques n'ont pas été utilisées comme outil de travail.

La densité des roches a été estimée à 2,77 pour les épontes et à 3.2 - 4.0 pour les sulfures disséminés et massifs.

5.5 CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES

. Morts-terrains

Les précipitations en surface n'ont pas d'influence notable sur le débit d'eau pompée dans la mine. Le niveau d'eau dans les sols est sensiblement le même que celui du lac voisin. Le fonçage du puits fut une excellente occasion de connaître les sols et les conditions hydrogéologiques de la propriété minière. Au début des opérations, deux trous ont été forés jusqu'à la roche hôte et des essais de perméabilité ont été effectués à toutes les intervalles de 10 pi(3m): à plus de 72 pi (22m) de profondeur le terrain n'acceptait plus l'eau injectée dans le trou de sondage. Originalement, les prévisions étaient d'asseoir le col du puits dans le grès basal, en passant au travers des sols et du calcaire dolomitique. Par la suite, à cause des mauvaises conditions de terrain rencontrées, le col fut descendu jusqu'à 62 pi (19m). Des cadres de bois furent installés au niveau du calcaire dolomitique, ce dernier étant beaucoup plus fracturé que prévu. Malgré une injection de ciment autour du collet, des infiltrations d'eau parvenaient à passer: au niveau du calcaire dolomitique, le débit d'eau était estimé à 40 (US)GPM (2.5 l/s) et au niveau du grès basal, il augmenta à 400 (US)GPM (2.5 l/s). Un réseau de 12 trous forés autour du puits, suivi d'un programme intensif d'injection de ciment, a permis de diminuer le débit de 400 à 35 (US)GPM (2.2 l/s).

. Massif rocheux

La moyenne annuelle du taux de pompage dans la mine est estimée à 175 (US)GPM (11 l/s).

5.6 OPÉRATIONS MINIÈRES

. Méthodes d'exploitation

Quelques sections du gisement sont exploitées par la méthode chambre-magasin, mais en général l'exploitation est effectuée par la méthode VCR qui a été utilisée avec succès dans deux autres mines de la région. Le chantier supérieur a été exploité par la méthode chambre magasin. Des piliers de sole (sill) sont laissés à tous les 180 pi (55 m).

. Conditions d'opération

Dans la méthode VCR, des trous de 6½ po (16,5cm) de diamètre et de 160 pi (49m) longueur sont forés selon un patron de 10 par 10 pi (3 par 3m). Le sautage se fait par tranche de 8 pi (2,4m) d'épaisseur et un facteur poudre de 10 lbs/t (4,5 Kg/t) est généralement employé.

Dans le chantier supérieur le pourcentage d'extraction est estimé à environ 85% avec une dilution de 20% occasionnée par des chutes de blocs provenant de l'éponte supérieure.

Présentement le pilier de surface a environ 246 pi (75 m) d'épaisseur, incluant les roches ordoviciennes. Une tentative d'exploitation de la partie supérieure du gisement a échoué; une galerie creusée au niveau 45 a dû être abandonnée en raison de la mauvaise qualité des épontes.

La séquence de minage dans les chantiers est du bas vers le haut et pour l'ensemble de la mine elle est du haut vers le bas.

5.7 SOUTÈNEMENT ET MÉTHODES DE RENFORCEMENT

. Soutènement primaire

Dans le chantier supérieur, aucun pilier n'a été laissé comme soutènement primaire.

. Remblayage et renforcement

Aucun remblayage n'est effectué dans les chantiers exploités. En général, les murs et les toits ne nécessitent pas de renforcement, sauf à quelques endroits où l'écaillage des parois est présent: dans ces cas des boulons traditionnels (90%), des boulons résinés et des boulons de type "swellex" (10%) sont utilisés. La direction de la mine compte utiliser de plus en plus le boulon de type "swellex". Des câbles et du ciment projeté sont parfois utilisés dans des cas spéciaux.

Le boisage a été utilisé principalement au niveau 45 (chantier supérieur), pour garder les ouvertures praticables.

5.8 PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE

. Mesure des contraintes

Aucune mesure de contrainte n'a été effectuée dans cette mine.

. Mesure des déplacements

Aucune mesure de déplacements n'a été effectuée dans cette mine.

. Autres programmes

A l'exception des inspections visuelles quotidiennes faites par les contremaîtres, aucun programme particulier de surveillance n'a été initié par la direction de la mine.

5.9 CONCEPTION DU (DES) PILIER(S) DE SURFACE

. Personnel impliqué

La conception des piliers relève du chef ingénieur du département d'ingénierie minière. Celui-ci examine les solutions proposées par les ingénieurs à la planification et par la suite discute de ces solutions avec les géologues et le chef ingénieur de l'ensemble des mines. Lorsqu'une solution est adoptée, elle est soumise au directeur des mines pour approbation finale. La figure 5.4 montre les différents postes impliqués dans la conception des piliers. Aucune étude spéciale n'a été entreprise sur les piliers de surface, ni par la compagnie, ni par un consultant extérieur.

. Etapes chronologiques

L'exploitation éventuelle du pilier de surface n'avait pas été envisagée lors de sa conception. Actuellement, la direction minière explore les différentes possibilités d'exploitation du pilier. Le principal problème est la faible compétence des roches dans la partie supérieure de la mine.

. Facteurs de conception

La conception originale du pilier de surface a été basée sur les informations obtenues des programmes d'exploitation (trous de forage) et des travaux de fonçage du puits et aussi sur l'expérience pratique du personnel. Aucun modèle théorique n'a été utilisé pour le dimensionnement du pilier; l'épaisseur a été choisie en

ORGANIZATION CHART - PILLARS DESIGN
ORGANIGRAMME - CONCEPTION DES PILIERS

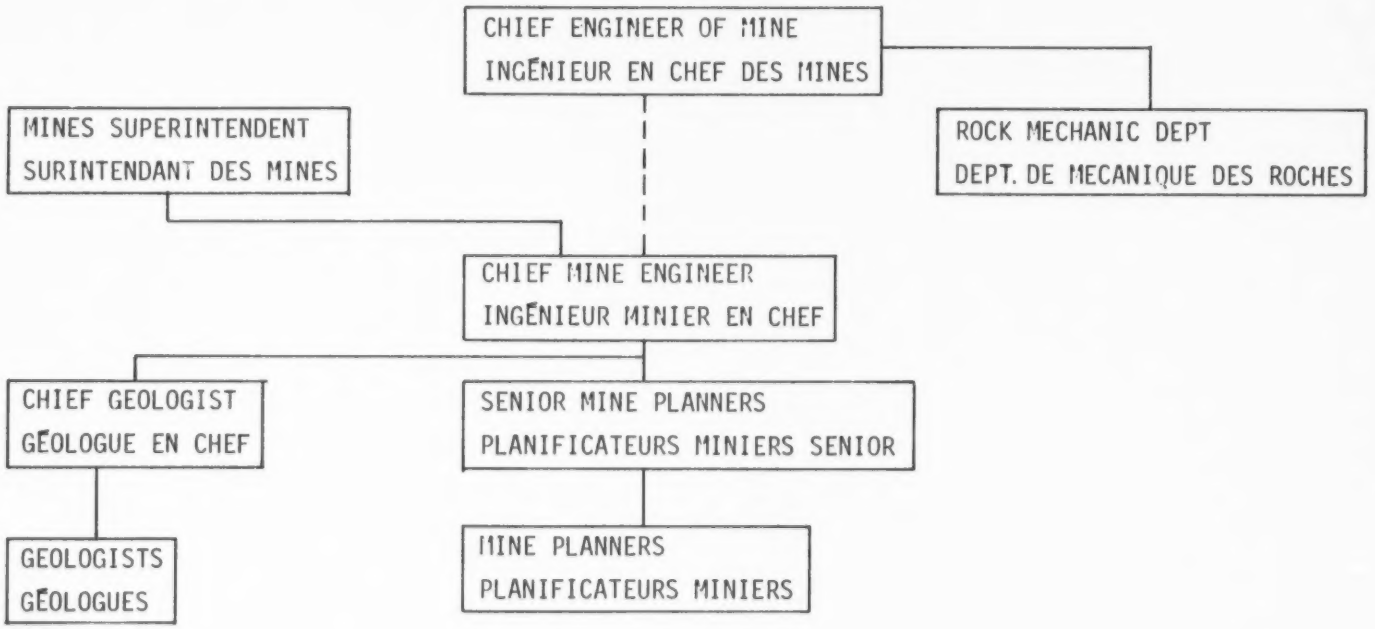


Figure 5.4

tenant compte des zones fracturées situées près de la surface et de la présence d'un grès perméable reliant la mine au lac.

. Dimensions des piliers

Le tableau 5.1 montre les dimensions du pilier de surface et du chantier sous-jacent.

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 5.1
TABLEAU 5.1

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#1							
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	- 							
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	14 (4,3)							
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	110 (34)							
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	20-45 (6-14)							
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	290 (88)							
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		15 (4,6)							
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)								
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI	feet-pi. (m)	-							

5.10 ÉVALUATION VISUELLE DU (DES) PILIER(S) DE SURFACE

La visite de la zone 1 au niveau 45 nous a permis d'avoir accès à la coupe supérieure du premier chantier d'exploitation originalement planifié. L'ouverture est d'environ 30 pi (9m) de largeur, 290 pi (88m) de longueur et varie de 16 à 18 pi (4.9 - 5.5m) en hauteur. Cette coupe est d'ailleurs représentée à la figure 5.2.

Mise à part la galerie d'accès reliant le chantier au puits de la mine, quelques galeries d'exploration d'environ 12 pi (3.6m) de largeur ont été percées dans l'éponte supérieure du gisement, exposant ainsi une partie de la zone de rhyolite altérée. La plus longue de ces (3) galeries a quelques 30 pi (9m) de longueur.

Le toit de cette "overcut" ou coupe de départ, composée de minéralisation, nous apparaissait très stable malgré la largeur non supportée. Les sulfures massifs sont très peu fracturés et bien cimentés entre eux. Un écaillage de surface, suivi d'un boulonnage conventionnel avec boulons à ancrage mécanique de 5 pi (1,5m), disposé au besoin, a permis d'assurer la stabilité du toit.

A ce niveau, les deux épontes sont composées des mêmes types de roches, de rhyolite altérée, très kaolinisée et séricitisée. Cependant, à cause du fait que le pendage du gisement soit de 70 à 75°E, l'éponte supérieure est plus sensible à se détériorer que l'éponte inférieure. Du moins visuellement, l'on constate que l'écaillage de certaines parties des murs est plus prononcée du côté Est i.e. dans l'éponte supérieure.

La présence des travers-bancs permet de repérer facilement la présence des (2) familles de joints principaux, tels que décrits au chapitre 5.4; ces joints étant orientés NS et NE-SO avec des pendanges respectifs de 70°E et 86°SE.

Une troisième série de joints, sub-horizontaux recoupent ces derniers; sa direction est NS avec un pendage de 25-30°, découpant ainsi des blocs triangulaires.

La combinaison de ces (3) ensembles de joints favorise la formation de toits en forme de dents de scie, dans les galeries orientées NE-SO. La cohésion de ces plans de faiblesse nous a semblé très basse à cause évidememnt de la présence des matériaux d'altération, combinée à un certain % d'humidité (l'eau agissant comme un lubrifiant dans les travers-bancs. En effet, de nombreux blocs "triangulaires" ont glissé des parois et du toit.

Dans le même ordre d'idées, dans la galerie latérale la plus longue, environ 30 pi (9 m), la direction minière a fait installer des cadres de bois. Malgré cela, la galerie a été condamnée et l'on remarque une forte compression des poteaux, signe évident du relachement structural de cette zone.

De façon générale, il y a peu d'eau dans ce chantier, malgré la présence en surface d'un horizon aquifère important, ce qui contribue à minimiser la détérioriation des épontes. L'on comprend alors pourquoi la direction a décidé de ne pas miner ce chantier tel qu'initialement prévu, et de laisser une épaisseur additionnelle

d'environ 150 pi (46m) comme pilier de surface. Rappelons toutefois que cela est dans le cadre de l'utilisation de la méthode de minage "VCR", avec chantiers de 160 pi (49m) de hauteur, sans pilier ni remblai. Pour l'instant aucune autre approche n'a été étudiée en détails.

5.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

La direction de la mine est d'avis que la compilation de rapports " étendue du chantier/ épaisseur du pilier" contribuera à un meilleur dimensionnement des piliers de surface. Au stade de l'exploration, les valeurs de R.Q.D. devraient de plus en plus être calculées et reportées sur les plans et sections définissant le gisement. Ceci donnerait déjà une idée des problèmes géostructuraux que les opérateurs pourraient rencontrer durant le fonçage du puits et des galeries.

L'utilisation de remblai est à considérer pour miner les piliers laissés dans les chantiers primaires: cette solution est de plus en plus envisagée pour augmenter la production et diminuer les risques d'accident.

L'utilisation de modèle géomécanique est présentement en vigueur dans une autre mine de la compagnie et le comportement d'un pilier de puits a été simulé sur un modèle informatisé. La compagnie entend étendre ce genre d'étude aux piliers de surface.

MINE # 6

TABLE DES MATIERES

PAGE

6.0 RESUME DE LA VISITE 151

6.1 INFORMATIONS GENERALES 153
.Géologie régionale
.Géologie locale
.Caractéristiques du gisement

6.2 ENVIRONNEMENT MINIER 157

6.3 MORTS-TERRAINS 158
.Etudes et travaux
.Stratigraphie et caractéristiques

6.4 MASSIF ROCHEUX 161
.Nature des roches
.Géologie structurale
.Caractéristiques

6.5 CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES 164
.Morts-terrains
.Massif rocheux

6.6 OPERATIONS MINIERES 165
.Méthode(s) d'exploitation
.Conditions d'opération

6.7 SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT 167
.Soutènement primaire
.Remblayage et renforcement

6.8 PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE 168
.Mesure des contraintes
.Mesure des déplacements
.Autres programmes

6.9 CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE 169
.Personnel impliqué
.Etapes chronologiques
.Facteurs de conception
.Dimensions des piliers

6.10 EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE 174

6.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION 175

6.0 RESUME DE LA VISITE

Le gisement est constitué de quatre (4) veines de quartz aurifères principales, de longueur et directions variables, divisées en zones A, B, F et G.

En général le massif rocheux affleure en surface au-dessus de tous les chantiers sauf dans la zone F où une épaisseur importante de mort-terrain surplombe les excavations sous-jacentes.

Deux (2) familles de joints ont été observées sur le site minier, de plus une faille majeure parcourt la propriété selon l'axe N-O.

Les chantiers supérieurs ont été exploités par la méthode de chambre magasin non remblayés. L'épaisseur des piliers de surface varie entre 25 et 250 pi (7.6 et 76 m), selon l'envergure des chantiers.

Vers la fin de 1983 une série de coups de toits importants survint dans la zone F et continuèrent sur une période de douze (12) jours. A cause de ces événements, presque toutes les méthodes de soutènement sont utilisées dans les chantiers. De plus, pour combattre la trop forte concentration de contraintes sur les piliers, un programme visant à les soulager fut entrepris.

Lors de la conception des piliers de surface seule la zone F pouvait représenter un danger potentiel dû à l'épaisseur de mort-terrain la surplombant. Le contact sol/roc fut alors déterminé avec précision grâce aux sondages au diamant et une ligne de sismique réfraction.

Par contre, aucune étude du massif rocheux ne fut effectuée pour le dimensionnement des piliers. Donc, ceux-ci ont été conçus selon des critères de conception se résumant à une approche pratique basée sur l'expérience du personnel minier.

6.1 INFORMATIONS GENERALES

.Géologie régionale

La mine est située dans la province du Supérieur, dans une séquence de roches métavolcaniques datant du précambrien, laquelle est entourée de roches métamorphiques et ignées felsiques.

Une faille majeure orientée EO limite une séquence métasédimentaire située à environ 25 mi (40km) au sud de la propriété minière. Le faciès métamorphique des schistes verts caractérisent la région.

.Géologie locale

Les principales roches caractérisant la propriété minière sont l'andésite, la chlorite et la dacite. Des unités de roches ultra-mafiques recoupent l'andésite et auraient créé ainsi des déformations favorisant la pénétration des solutions hydrothermales minéralisées. Des veines de quartz et de carbonates aurifères recoupent les roches en place. On observe également des dykes étroits acides et basiques qui recoupent par endroits les roches volcaniques. Des minces couches de tufs fragmentés et silicifiés sont associés à l'andésite et à la dacite.

Les formations rocheuses de la propriété minière sont orientées NO et montrent un pendage abrupt vers le SO (65-75°).

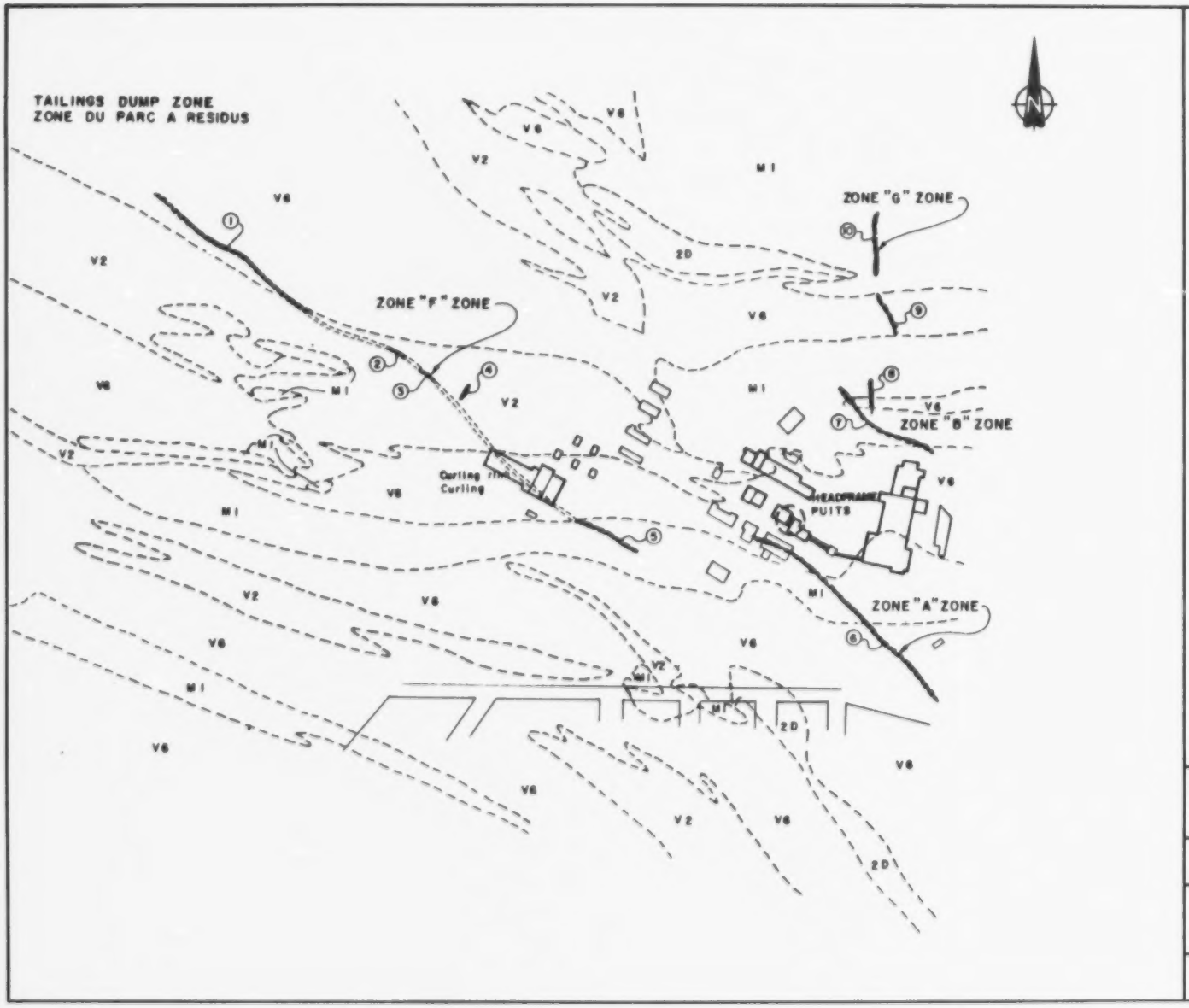
.Caractéristiques du gisement

La minéralisation est constituée de veines de quartz aurifères généralement contenues dans l'andésite. Plusieurs veines minéralisées de longueurs variables et plus ou moins continues parcourent la propriété minière. Parmi ces nombreuses veines, seulement quatre (4) d'entre elles atteignent la surface tout en étant exploitables d'une façon rentable. Ces quatre (4) zones minéralisées nécessitent des piliers de surface et sont identifiées par les lettres A, B, F et G (voir fig. 6.1). A l'intérieur de ces zones, la minéralisation est discontinue ou entre-coupée de zones stériles, ce qui donne en réalité dix (10) piliers de surface de longueur variant entre 90 et 1 335 pi (27-407m).

Deux types de minéralisation caractérisent en réalité la mine:

- Veines de quartz aurifères: secteurs A et F parallèles à la formation.

- Veines de type remplacement: secteurs B et G, au contact de la roche altérée et de l'andésite.



LEGEND - LEGENDE

V2	Rhyolite Rhyolite
V6	Andesite Andésite
M1	Schist Schiste
2D	Diorite Diorite
	Stope Chantier

NOTE FOURTEENTH LEVEL GEOLOGY.
GEOLOGIE DU 14e NIVEAU.

0 500
feet - pieds

noche

MINE #6 MINE

SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE

Date	Figure
07/85	6.1

Les caractéristiques physiques des quatre (4) zones sont:

Zone	Longueur	Largeur	pendage
A	1 335 pi (407m)	5-6 pi (1,5-1,8m)	78-90°
B	680 pi (207m)	5-7 pi (1,5-2,1m)	70-80°
F	3 345 pi (1 020m)	4-7 pi (1,2-2,1m)	85-87°
G	1 130 pi (344m)	11-25 pi (3,3-7,6m)	72-75°

L'or est le principal minerai exploité. La teneur moyenne est de 0,57 oz/t d'or avec quelques traces d'argent.

La production d'or est continuelle depuis 1949 et actuellement, environ 1 000t sont extraites journalièrement de la mine.

6.2 ENVIRONNEMENT MINIER

Immédiatement au-dessus des zones les plus étroites (A, B et F), on retrouve plusieurs installations de surface dont un centre récréatif, un stationnement, une partie de l'usine de traitement, un vestiaire séchoir ainsi qu'une voie routière. L'extrémité ouest de la zone "F" qui était autrefois recouverte de marécages est depuis peu utilisée comme parc à résidus.

Il est à noter qu'avant de procéder au déversement des résidus au-dessus de la partie ouest de la zone "F", les autorités de la mine ont fait exécuter un relevé sismique afin de déterminer le profil du roc à l'aplomb des chantiers supérieurs de la zone (voir section 6.3).

Une autre propriété minière est adjacente à cette mine, cependant un pilier de 20 pi (6m) a été laissé entre les deux. Cette mine est en fait la continuité du gisement.

La partie adjacente de la mine voisine est constituée de chantiers qui ont été ouverts et minés durant les années 50.

6.3 MORTS-TERRAINS

.Etudes et travaux

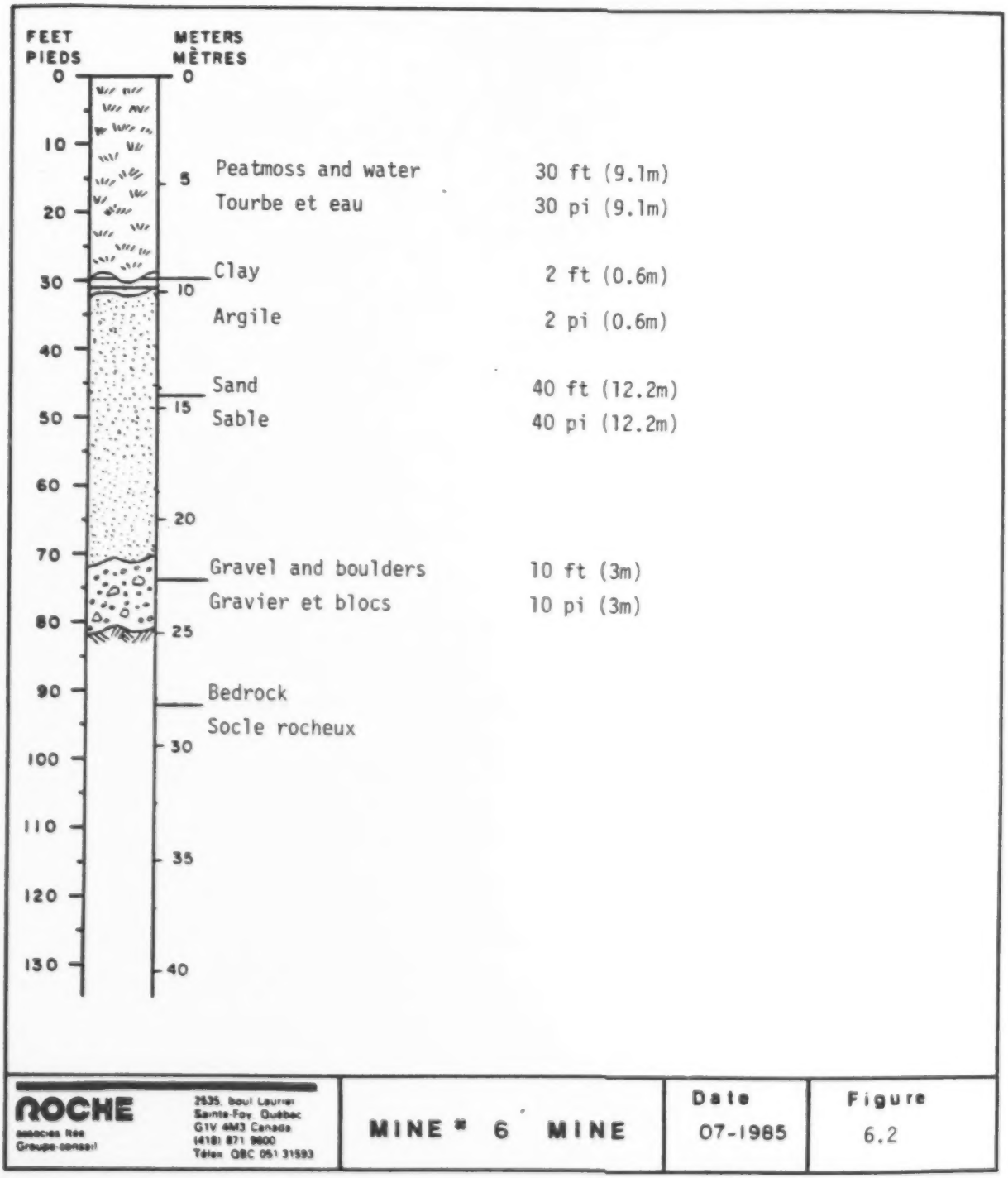
Aucune étude géotechnique n'a été effectuée sur cette propriété.

Quelques trous au diamant ont été forés pour évaluer la topographie du roc. De plus, une ligne de relevé sismique réfraction a été complétée directement au-dessus des chantiers ouest de la zone "F". Ainsi, une longueur d'environ 2100 pi (640m) a été couverte en utilisant une série de douze (12) géophones espacés entre eux de 70 pi (21m) et déplacés trois fois le long de l'axe longitudinal du gisement. Le relevé indique que le profil du roc au contact avec le mort-terrain est relativement constant sur toute la longueur couverte. A quelques endroits seulement, on constate des dépressions de l'ordre de 25 pi (8m). De plus, selon l'avis de la direction, basée sur les résultats des sondages au diamant, la précision des résultats est de l'ordre de plus ou moins 20%. Le roc effleure au-dessus de tous les chantiers, sauf ceux de la zone "F" qui est recouverte d'une bonne épaisseur de mort-terrain (82 pi, 25m).

.Stratigraphie et caractéristiques

La stratigraphie des sols surplombant la zone "F" est illustrée à la figure 6.2. La densité des sols situés en-dessous de la zone de marécages est estimée à 130 lbs/pi^3 ($20KN/m^3$).

SOIL STRATIGRAPHY
STRATIGRAPHIE DU SOL



NOCHE associés Inc. Groupe-conseil 2535, boul Laurier Sainte-Foy, Québec G1V 4M3 Canada (418) 871 9600 Télex: QBC 051 31593	MINE # 6 MINE	Date 07-1985	Figure 6.2

Selon l'avis de la direction, les sols ne possèdent que très peu de cohésion et sont complètement saturés: ces sols sont situés dans une dépression naturelle. Par conséquent, ces sols pourraient fort bien s'écrouler dans les chantiers sous-jacents advenant un effondrement des piliers de surface.

6.4 MASSIF ROCHEUX

.Nature des roches

Le massif rocheux se détaille comme suit:

Eponte inférieure: Andésite

Gisement : -Veines de quartz et carbonates aurifères.
-Veines de remplacement situées au contact de l'andésite et la roche altérée en schiste chloritique.

Eponte supérieure: Andésite et parfois schiste chloritique (zone G).

L'altération se traduit par une zone de carbonatisation, de silicification et parfois de chloritisation autour des veines minéralisées. Aucune zone d'oxydation n'a été observée près de la surface.

.Géologie structurale

Les veines suivent généralement l'orientation des roches métavolcaniques (NO-SE). La foliation est parallèle aux veines A et F et recoupe les veines B et G.

Deux familles de joints ont été observées sur le site minier. La direction minière mentionne que ces joints sont continus, lisses et généralement secs.

Une faille majeure contenant des matériaux de remplissage parcoure la propriété minière selon la direction N-O et montre un pendage de 65-70° vers le sud.

Des essais de terrain effectués dans cette mine montrent que la contrainte horizontale naturelle est d'environ 1 200 psi (8,3 MPa). Le rapport "contraintes horizontales/contraintes verticales est estimé à environ 2.

.Caractéristiques

Les propriétés géomécaniques du massif rocheux sont indiquées dans le tableau 6.1.

Aucun calcul de la valeur du R.Q.D. n'a été effectué dans les niveaux supérieurs. Cependant, depuis environ un an, cette valeur est calculée dans les endroits stratégiques des niveaux inférieurs.

Aucune classification géomécanique n'est utilisée dans cette mine.

La vélocité sonique dans la roche est de 19 260 pi/s (5 870m/s) en surface et de 22 200 pi/s (6 770 m/s) pour les niveaux inférieurs.

L'activité acoustique de l'andésite varie entre 50 et 100% avec une moyenne de 76% et celle du schiste à chlorite, entre 64 et 100% avec une moyenne de 82%.

L'andésite montre un caractère très "cassant" ("brittle").

ROCK CHARACTERISTICS — TABLE 6.1

CARACTÉRISTIQUES DE LA ROCHE — TABLEAU 6.1

LOCATION EMPLACEMENT		FOOT WALL ÉPONTE INFÉRIEURE	OREBODY GISEMENT	HANGING WALL ÉPONTE SUPÉRIEURE	
ROCK TYPE TYPE DE ROCHE		ANDESITE ANDESITE		ANDESITE ANDESITE	CHLORITIC SCHIST SCHISTE CHLORITIQUE
DENSITY DENSITÉ		2.82		2.82	-
COMPRESSIVE STRENGTH RÉSISTANCE EN COMPRESSION	psi x 10^3 (MPa)	34 (234)		34 (234)	17 (117)
SHEAR STRENGTH RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT	psi x 10^3 (MPa)	8 (55)		8 (55)	
TENSILE STRENGTH RÉSISTANCE EN TENSION	psi x 10^3 (MPa)	3 (21)		3 (21)	
POINT LOAD STRENGTH INDICE DE DOUBLE POINCONNEMENT	psi x 10^3 (MPa)				
POISSON'S RATIO RAPPORT DE POISSON		0,21		0,21	0,15
YOUNG'S MODULUS MODULE DE YOUNG	psi x 10^6 (GPa)	12 (83)		12 (83)	8 (55)
RQD %		85-90		85-90	
GEOMECHANICAL CLASSIFICATION CLASSIFICATION GÉOMÉCANIQUE					

6.5 CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES

.Morts-terrains

Aucune présence d'eau n'a été observée en surface, sauf dans la zone du parc à résidus.

.Massif rocheux

Un débit moyen continuel de 150 (US)GPM (9.5 l/s) est pompé de la mine. Aucune variation du débit n'a été observée en fonction des saisons.

La direction de la mine mentionne qu'il y a eu augmentation de l'infiltration d'eau au-dessous de la zone du parc à résidus, au tout début de sa mise en service. Par la suite, l'infiltration a cessé. Selon la direction de la mine, les trous de forage exécutés durant le programme d'exploitation auraient provoqué cette infiltration et se seraient par la suite graduellement colmatés avec les résidus miniers et divers matériaux.

6.6 OPERATIONS MINIERES

.Méthode(s) d'exploitation

Les méthodes de minage suivantes sont utilisées selon les niveaux exploités:

Profondeur	Niveau	méthodes de minage chambre-magasin	coupe et remblai
0-1000 pi (0-305m)	0-7	100%	0%
1000-2000 pi (305-610m)	7-14	60%	40%
2000 pi (610m)	15-...	0%	100%

Introduite dans la mine au début des années 60, la méthode coupe et remblai est utilisée de plus en plus et depuis 1982, elle dépasse en pourcentage (%) d'utilisation la méthode chambre-magasin.

.Conditions d'opération

Les chantiers supérieurs ont été exploités graduellement du bas vers le haut. Selon les chantiers, l'épaisseur des piliers de surface varie du 25 à 250 pi (7,6-76m). Le taux d'extraction dans ces chantiers était voisin de 100%.

Aucune donnée n'a été fournie quant à la dilution, cependant, elle devait être minime en raison des épontes suffisamment compétentes pour éviter tout écaillement des parois.

La séquence de minage pour l'ensemble de la mine est du haut vers le bas et du bas vers le haut dans les chantiers.

Les chantiers supérieurs et la plupart de ceux situés entre le deuxième (2e) et le quatorzième (14e) niveau sont toujours ouverts. Sous le 14e niveau, ils sont généralement remblayés après un mois suivant leur fermeture.

L'espacement entre les niveaux varie dans la partie supérieure de la mine: de la surface jusqu'au troisième (3e) niveau, l'espacement est de 125 pi (38m) et pour les niveaux inférieurs, il est de 150 pi (46m).

6.7 SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT

.Soutènement primaire

Les chantiers supérieurs ne possèdent pas de piliers de paroi et ne sont pas remblayés.

.Remblayage et renforcement

Dans les chantiers inférieurs, les coups de toît sont fréquents et afin de diminuer leur fréquence, les chantiers sont remblayés et des boulons sont installés systématiquement. Le remblayage est effectué à l'aide d'un mélange "eau, résidus miniers, ciment".

En raison des nombreux coups de toît importants qui survinrent dans la zone F vers la fin de l'année 1983 et qui continuèrent sur une période de douze (12) jours, presque toutes les méthodes de renforcement sont maintenant utilisées dans les chantiers inférieurs: les boulons conventionnels, les tiges résinées ou cimentées, des treuillis métalliques, du ciment projeté, du boisage, des cables cimentés, etc.

Il est à noter que dans ces zones entourant les points de soutirage qui ont subi des coups de toît, les piliers sont de plus en plus remplacés par des structures de bois.

Le caractère hautement "cassant" et élastique montré par l'andésite est le principal facteur contribuant aux ruptures violentes des piliers.

6.8 PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE

.Mesure des contraintes

Aucune mesure de contrainte n'a été effectuée au niveau du pilier de surface. Les contraintes "in situ" ont été déterminées dans un niveau inférieur.

.Mesure des déplacements

En raison de trop fortes concentrations de contraintes dans certains piliers situés dans les niveaux inférieurs, la direction de la mine a entrepris un programme visant à soulager ces piliers en intervenant directement sur ceux-ci à l'aide des techniques de sautage et de renforcement. Des extensomètres ont été utilisés pour suivre les déplacements occasionnés par ces interventions. Les déplacements mesurés n'ont pas été aussi significatifs que ceux anticipés par modèlisation.

Aucune mesure de déplacement n'a été effectuée au niveau supérieur.

Pour détecter les coups de toît, un système de microsismique multi-canaux couvrant plusieurs niveaux inférieurs a été installé depuis environ deux ans. Grâce à ce système, la direction minière suit les dégagements d'énergie du massif-rocheux, en particulier dans les piliers et peut agir préventivement si des secousses sismiques significatives sont détectées.

Aucun programme d'inspection visuelle n'est suivi pour les chantiers supérieurs.

6.9 CONCEPTION DU(DES) PILIERS DE SURFACE

.Personnel impliqué

La conception des piliers débute avec l'intervention de l'ingénieur minier en chef et l'ingénieur à la planification. L'ingénieur en charge de la mécanique des roches et le chef géologue sont consultés pour le dimensionnement et la reconnaissance des zones de faiblesse. Dans le cas de piliers majeurs, tels les piliers de surface, le surintendant général et le directeur de la mine approuvent ou modifient la procédure de conception préconisée. La figure 6.3 montre les différents postes impliqués dans la conception des piliers.

Des consultants extérieurs ont été appelés à se prononcer sur les coups de toit et sur le dimensionnement de certains piliers. Cependant, aucun de ces derniers ne sont des piliers de surface.

En fait, aucune étude particulière n'a été menée sur les piliers de surface.

ORGANIZATION CHART - PILLARS DESIGN
ORGANIGRAMME - CONCEPTION DES PILIERS

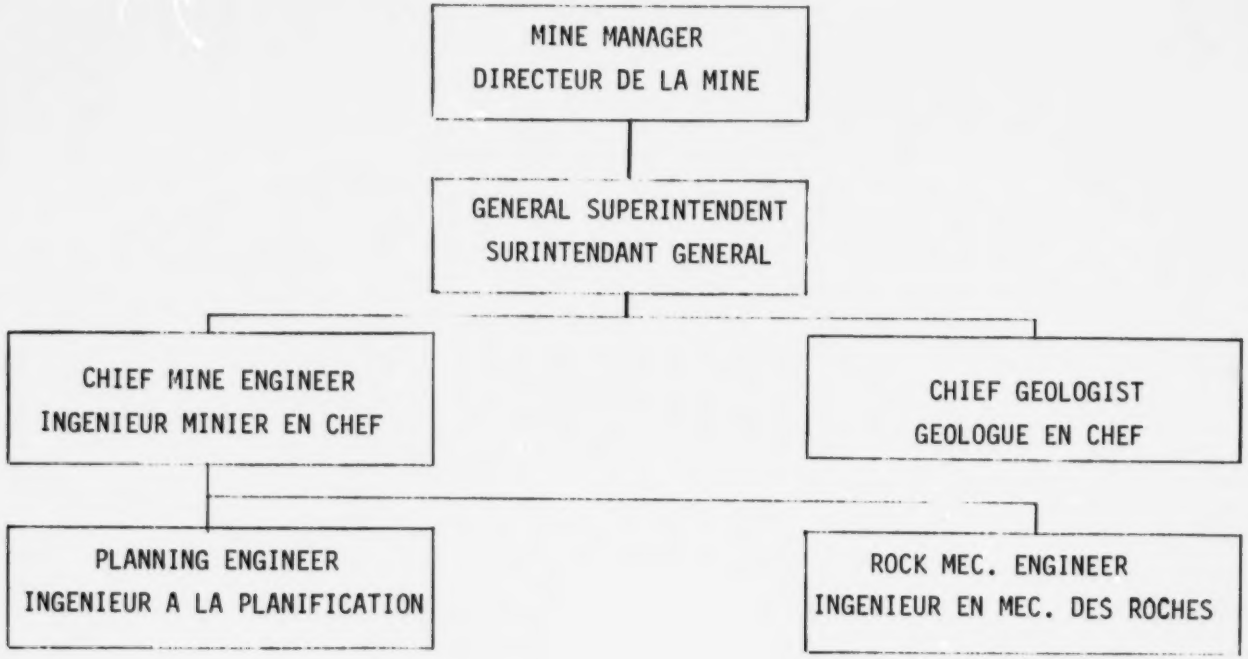


Figure 6.3

.Etapes chronologiques

Aucune approche particulière basée sur des calculs analytiques et/ou sur une étude géostructurale du massif rocheux ne fut employée dans le dimensionnement des piliers de surface.

Des sondages au diamant et une ligne de sismique réfraction ont fourni des précisions sur le contact sol/roc au-dessus de la zone F.

Aucune modification n'a été apportée à la conception initiale des piliers de surface.

.Facteurs de conception

Les critères de conception se résument à une approche pratique basée sur l'expérience du personnel minier. Il est à noter que la résistance des piliers des chantiers inférieurs peut être évaluée avec la formule empirique suivante:

$$Qu = 100 \frac{W^{(0.5)}}{H^{(0.75)}}$$

Où Qu = résistance du pilier en MPa
W = largeur du pilier
H = hauteur du pilier
100 = constante (fonction des essais en laboratoire et des dimensions des échantillons)

.Dimensions des piliers

Le tableau 6.2 donne les dimensions des piliers de surface recouvrant les zones A, B, F et G.

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 6.2
TABLEAU 6.2

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	0	0	0	0	0	0	0	0
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	70 (21,3)	60 (18,3)	60 (18,3)	45 (13,2)	0	0	0	0
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	150 (46)	225 (68)	225 (68)	60 (18)	40 (12)	30 (9)	55 (17)	27 (8)
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	5,7 (2)	5,7 (2)	5,7 (2)	35 (10,7)	5,7 (2)	5,5 (2)	6 (2)	18 (5,5)
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	890 (271,3)	90 (27,4)	135 (41,2)	220 (67,1)	340 (103,7)	1 335 (407,0)	680 (207,3)	200 (61,0)
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		26,0	39,5	39,8	1,7	7,0	5,5	9,2	1,5
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)	320 (115,9)	170 (151,8)	170 (151,8)	110 (33,5)	330 (100,6)	450 (137,2	230 (70,1)	600 (182,9)
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI	feet-pi. (m)	0	0	0	0	0	0	0	0

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 6,2
TABLEAU 6,2

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#9	#10						
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	-	-						
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	15 (4,6)	-						
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	43 (13)	40 (12)						
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	18 (5,5)	18 (5,5)						
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	215 (65,5)	345 (105,2)						
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		2,4	2,2						
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)	7,0 (21,3)	340 (103,7)						
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI	feet-pi. (m)	-	-						

6.10 EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE

A cause des très grandes ouvertures laissées par les chantiers ouverts, il n'est plus possible d'accéder au dessous des piliers de surface.

Nous avons quand même pu constater la très bonne compétence des roches, le faible degré de fracturation (RQD 85%) et l'absence quasi totale d'eau d'infiltration sous terre dans les niveaux supérieurs de la mine. Structuralement, il n'y a aucun problème d'instabilité dans ce type de roche. De plus, jusqu'à au moins 600-700 pi (180-210m) de profondeur, la résistance de la roche en place est supérieure aux contraintes existantes, ce qui assure la stabilité des ouvertures. En deçà, nous l'avons souligné, il s'est produit de nombreux coups de toit ou "rockburst".

6.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

De façon générale, le personnel de cette mine travaille dans un terrain très fragile (brittle); il est donc beaucoup concerné par la détermination de la résistance réelle de la roche, soumise à des conditions limitées de contraintes. Il aimerait voir le développement de formules empiriques reliant ces deux facteurs.

Dans un autre ordre d'idées, la création de banques de données, tant sur les sols que les roches, serait d'un intérêt certain si elles étaient accessibles aux opérateurs.

MINE # 7

TABLE DES MATIERES

		PAGE
7.0	RESUME DE LA VISITE	178
7.1	INFORMATIONS GENERALES	180
	.Géologie régionale	
	.Géologie locale	
	.Caractéristiques du gisement	
7.2	ENVIRONNEMENT MINIER	184
7.3	MORTS-TERRAINS	185
	.Etudes et travaux	
	.Stratigraphie et caractéristiques	
7.4	MASSIF ROCHEUX	187
	.Nature des roches	
	.Géologie structurale	
	.Caractéristiques	
7.5	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	191
	.Morts-terrains	
	.Massif rocheux	
7.6	OPERATIONS MINIERES	192
	.Méthode(s) d'exploitation	
	.Conditions d'opération	
7.7	SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT	193
	.Soutènement primaire	
	.Remblayage et renforcement	
7.8	PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE	195
	.Mesure des contraintes	
	.Mesure des déplacements	
	.Autres programmes	
7.9	CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	197
	.Personnel impliqué	
	.Etapes chronologiques	
	.Facteurs de conception	
	.Dimensions des piliers	
7.10	EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	201
7.11	COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	202

7.0 RESUME DE LA VISITE

Le gisement est constitué de veines de quartz et carbonates aurifères d'environ 6 pi (2m) d'épaisseur. Ces veines affichent un pendage accentué variant de 75 à 80°.

Depuis le début des opérations, aucun signe de tassement en surface n'a été observé.

Une série de sondages ont été exécutés dans le mort-terrain pour définir le contact sol-roc. Le massif rocheux est constitué principalement d'andésite et de diorite. Trois systèmes de joints ont été observés dans les niveaux inférieurs de la mine: ils deviennent de moins en moins évidents en direction du niveau supérieur. Les piliers de surface sont généralement massifs et ne montrent pas ou peu de structures apparentes. Les pressions d'eau sont pratiquement nulles dans la partie supérieure alors qu'elles augmentent en profondeur. Le principal problème rencontré par la direction est le caractère "cassant" ("brittle") de la roche qui occasionne des coups de toit. Le remblayage des chantiers et la pose de boulons ont grandement diminué ce problème.

Les chantiers supérieurs ont été exploités par la méthode de chambre magasin non remblayée. Aucun pilier de paroi n'a été laissé dans les chantiers, ceux-ci étaient très étroits. L'épaisseur des piliers de surface a été fixé arbitrairement à 40 pi (12m) avant l'exploitation des piliers de surface. L'épaisseur actuelle moyenne des piliers de surface est 35pi (11m).

Une mine souterraine voisine est présentement en opération. Elle exploite, en fait, le même dépôt minéralisé qui se prolonge sur sa propriété. Des piliers frontières ou de séparation ont été laissés sur la ligne de partage des deux propriétés minières et aucune voie souterraine de communication ne les relie.

Récemment, la compagnie a initié un programme de mécanique des roches.

7.1 INFORMATIONS GENERALES

. Géologie régionale

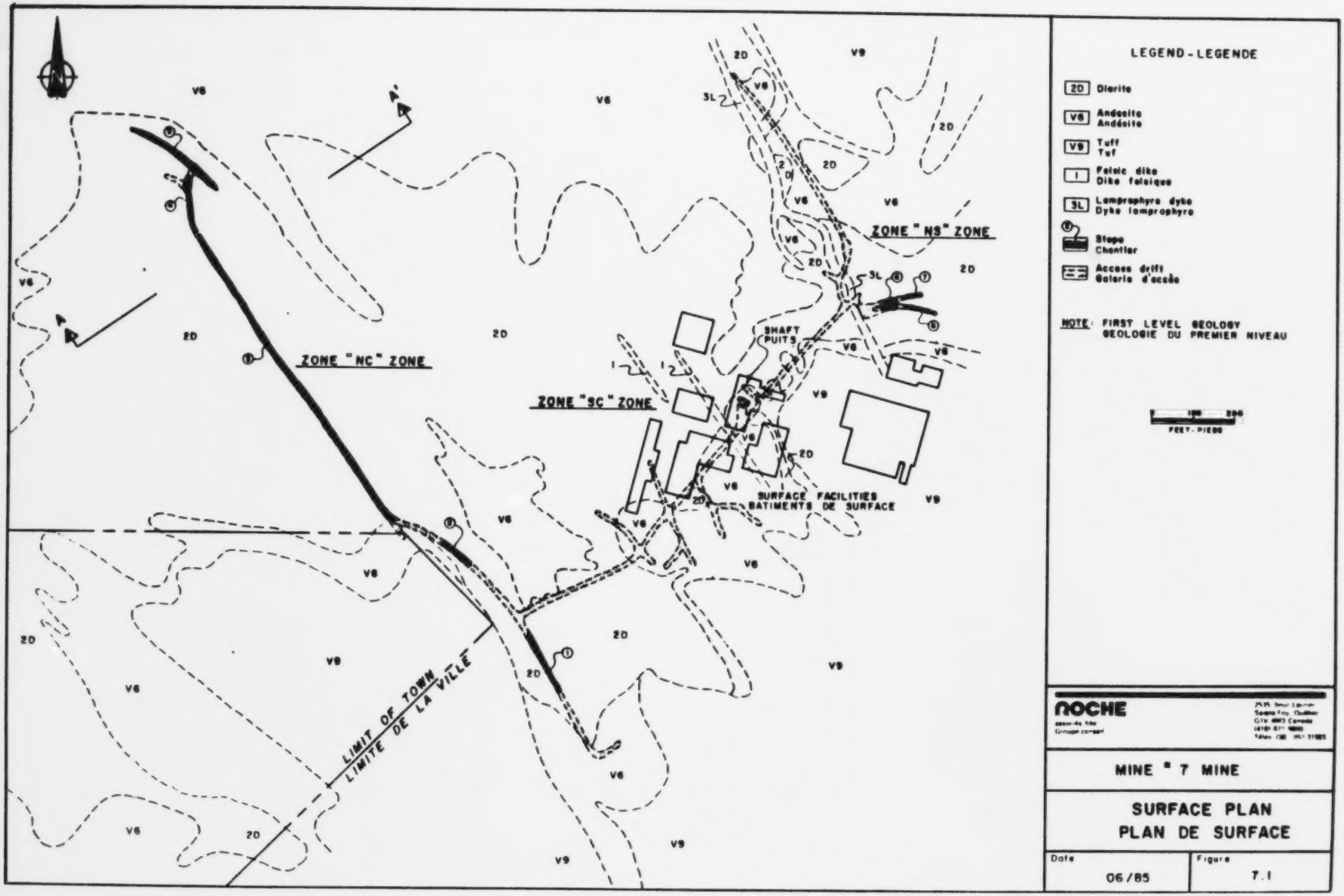
La mine est située dans la province du Supérieur, dans une séquence de roches métavolcaniques datant du précambrien, laquelle est entourée de roches métamorphiques et ignées felsiques. Une faille majeure orientée E-O limite une séquence métasédimentaire située à environ 25 mi (40 km) au sud de la propriété minière. Le faciès métamorphique schistes verts caractérise la région.

. Géologie locale

Les principales roches caractérisant la propriété minière sont l'andésite (basalte altérée) et la "diorite" (figures 7.1 et 7.2). Des veines de quartz et carbonates aurifères orientées selon l'écoulement de ces roches (NO) constituent la zone de minéralisation. Des dykes de lamprophyre et de quartz-feldspath porphyrique suivent également cette direction. Une série de plis dont les axes sont orientés S20°O et plongeant à environ 60°SO a été observée près du puits, dans les quatre (4) premiers niveaux.

. Caractéristiques du gisement

Le gisement est constitué de veines de quartz aurifères et de sulfures contenant de l'or disséminé. Deux métaux précieux sont exploités, soient l'or et l'argent.

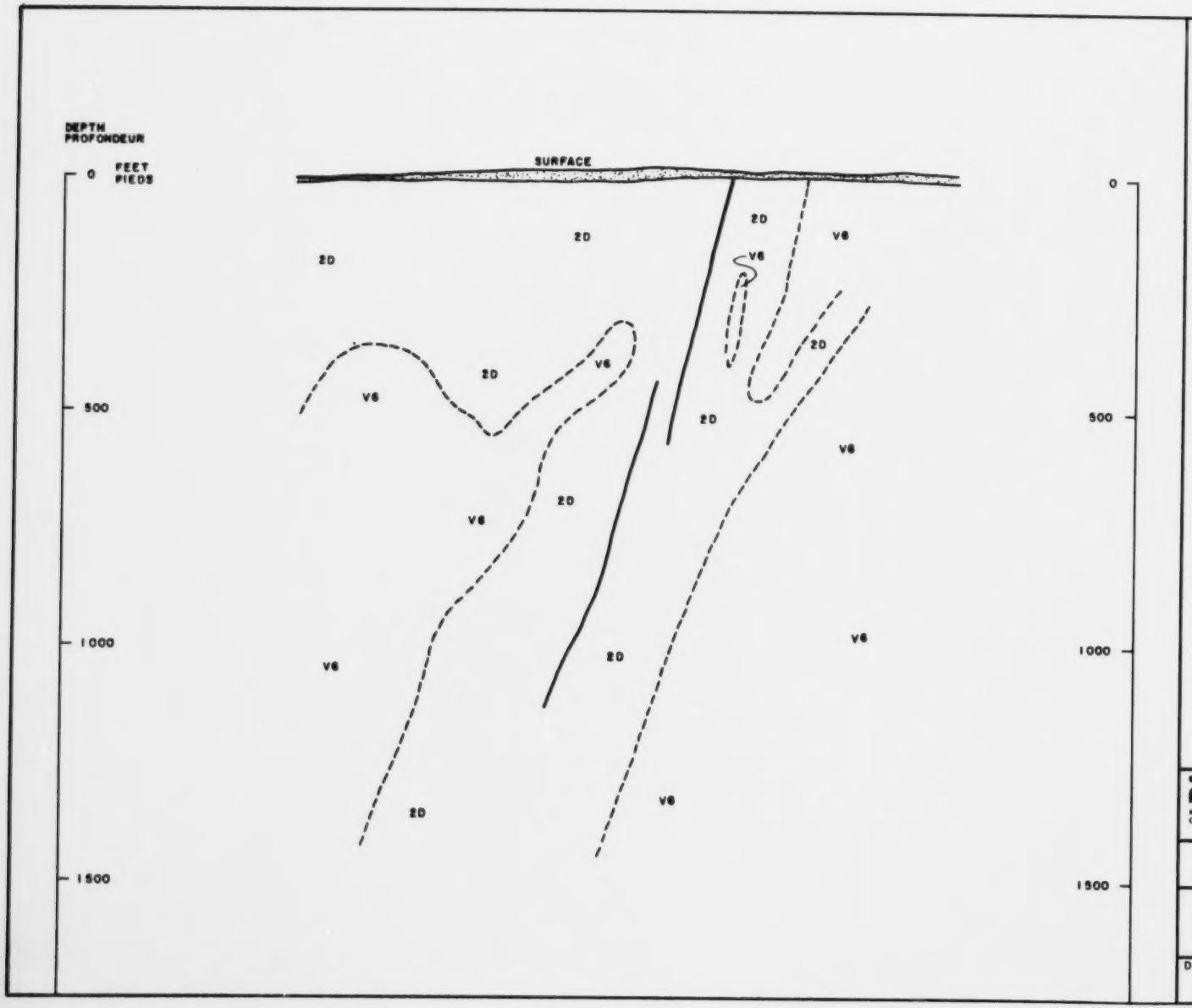


NOCHE

MINE " 7 MINE

SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE

Date	Figure
06/85	7.1



LEGEND - LEGENDE

- Quartz - carbonate vein / Veine quartz - carbonate
- V6 Andesite / Andésite
- 2D Diorite

0 100 200
FEET - PIEDS

SECTION : A-A'
COUPE

NOCHE

MINE # 7 MINE

GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE

Date	Figure
06/85	7.2

Tel qu'il apparaît sur les figures 7.1 et 7.2, le gisement est divisé en plusieurs zones dont trois (3) remontent jusqu'en surface. Les dimensions de ces trois (3) zones sont:

	zone "NC"	zone "SC"	zone "NS"
longueur pi (m)	1 700 (520)	600 (180)	100 (30)
largeur pi (m)	5 (1.5)	6 (2)	6 (2)
profondeur pi (m)	1 100 (336)	2 300 (700)	500 (150)

Les zones "NC" et "SC" sont opérationnelles tandis que la zone "NS" ne l'est plus.

Les zones "NC" et "SC" s'allongent en profondeur mais gardent cependant une largeur quasi-constante. De la surface jusqu'à plus de 2000 pi (600m) de profondeur, les veines affichent un pendage situé entre 75° et 80°. La production est continuelle et environ 700 t sont exploitées journalièrement.

7.2 ENVIRONNEMENT MINIER

Au-dessus des zones minéralisées on retrouve les infrastructures suivantes:

Zone "NC"	Zone "SC"	Zone "NS"
une route et deux puits de ventilation	une ville	-

Aucun signe évident de tassement n'a été observé au-dessus des piliers de surface.

Une mine souterraine voisine est présentement en opération. Cette dernière s'étend sur plusieurs centaines de pieds et descend à plus de 3000 pi (910m) de profondeur. Les galeries de cette mine s'arrêtent à 20 pi (6.1m) de celles de la zone "NC" pour les niveaux situés à moins de 1 000 pi (305m) de profondeur et pour les niveaux plus profonds les galeries sont séparées par des piliers frontières de 40 pi (12.2 m) d'épaisseur. La présence de cette mine voisine ne pose aucun problème particulier dans le déroulement des opérations. Aucune voie d'accès souterraine n'existe entre les deux mines.

Les chantiers supérieurs furent exploités sans être remblayés alors que ceux situés en profondeur sont remblayés au fur et à mesure.

7.3 MORTS-TERRAINS

. Etudes et travaux

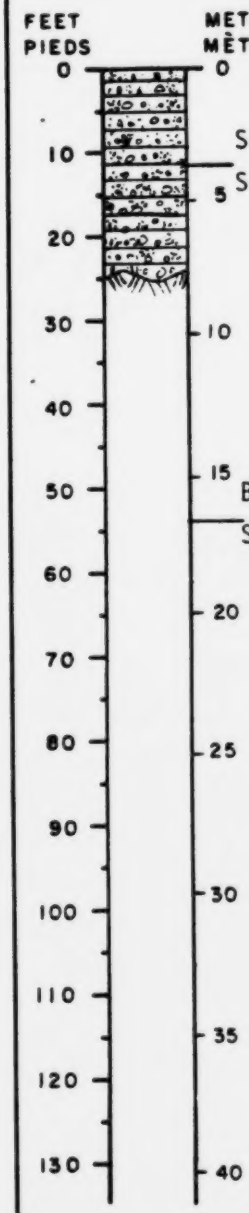
Vers la fin des années 50, quinze (15) trous de sondage ont été forés dans le mort-terrain recouvrant la zone "NC". Ces trous sont alignés et espacés de 100 pi (30m) et s'arrêtent tous après une course de 5 pi (1,5m) dans le roc. Deux tranchées creusées pour contrôler la teneur du minerai en surface ont permis de constater que les conditions de terrain sont plutôt stables.

. Stratigraphie et caractéristiques

En-dessous de la couverture végétale on retrouve des dépôts glaciaires constitués de sable, blocs et argile. L'épaisseur moyenne de mort-terrain situé sur la zone "NC" varie autour de 25 pi (8m) (voir figure 7.3). Les zones "SC" et "NS" sont recouvertes respectivement d'environ de 25 et 15 pi (8 et 4.6m) de mort-terrain semblable à celui rencontré au-dessus de la zone "NC", sauf pour la zone "NS" où la proportion d'argile est plus élevée. Les données de sondages n'étant plus disponibles, les proportions exactes des composantes du mort-terrain n'ont pu être établies.

Le mort-terrain surplombant les trois zones n'a pas subi de modifications, c'est-à-dire qu'il n'a pas été enlevé ni drainé à partir d'unités de pompage ou de travaux d'assèchement en surface.

SOIL STRATIGRAPHY
STRATIGRAPHIE DU SOL



Sand, boulders and clay: 25' thickness (7.6m)
Sable, bloc et argile: 25' d'épaisseur (7.6m)

Bedrock
Socle rocheux

ROCHE associés ltée Groupe-conseil 2535, boul Laurier, Sainte-Foy, Québec G1V 4M3 Canada (418) 871 9600 Télex QBC 051 31583	MINE # 7 MINE	Date 07-1985	Figure 7.3

7.4 MASSIF ROCHEUX

. Nature des roches

Le massif rocheux se détaille comme suit:

éponte inférieure: andésite et diorite
gisement : veines de quartz et carbonates aurifères
éponte supérieure: andésite et diorite

Près de la surface, les veines montrent une zone d'oxydation d'environ 6 pi (2m) d'épaisseur. L'andésite a été transformée en limonite: plusieurs taches de rouille caractérisent la zone d'altération. Le passage des glaciers a provoqué l'enlèvement de la majeure partie de la zone oxydée et on retrouve des dépôts glaciaires de remplissage dans la partie oxydée et érodée.

. Géologie structurale

Trois systèmes de joints caractérisent le massif rocheux:

1er système: c'est le plus fréquent (≈85%). En profondeur l'ensemble des joints appartenant à ce système semble suivre l'orientation N45°E et montre un pendage d'environ 45° vers le nord-ouest.

2ème système: celui-ci ne représente qu'environ 10% des joints et les plans de discontinuités sont subhorizontaux.

3ème système: c'est le moins fréquent (≈5%) et la direction des joints suit sensiblement la même que celle donnée par le 1er système, mais le pendage est vers le sud est. Ce qui provoque la formation de blocs en pointe.

Ces trois systèmes deviennent de moins en moins évidents lorsqu'on se rapproche de la surface. L'espacement et la longueur des joints varient considérablement et ces derniers n'affichent aucune continuité. L'ouverture des joints est le plus souvent inférieure à 1/32 po (0,08cm). Ces ouvertures sont parfois remplies de calcite et de chlorite. Les surfaces de rupture sont en général lisses et planaires. La pression d'eau interstitielle est pratiquement nulle dans les piliers de surface, sauf au- dessous de la zone "NS" où de très légers écoulements sont visibles. Par contre on observe une augmentation de la pression d'eau interstitielle en fonction de la profondeur des excavations (chantiers inférieurs). L'ensemble du massif ne montre pas ou peu de linéation ou de foliation: les roches sont plutôt massives et sans structure mineure apparente. Les plans de stratification sont parallèles aux veines minéralisées.

Des essais de terrain effectués dans une mine située à quelque 10 mi (16km) au sud-ouest de la présente mine montrent que le rapport des contraintes naturelles horizontales sur les contraintes naturelles verticales est d'environ 2:1

. Caractéristiques

Les propriétés géomécaniques du massif rocheux sont illustrées dans le tableau 7.1

Aucun calcul de R.Q.D. n'a été effectué: le diamètre des carottes de forage étant trop petit, le forage induisait trop de fractures pour évaluer adéquatement le R.Q.D.

Quelques déplacements locaux ont été observés dans les zones de petites failles traversant les veines minéralisées. Le degré de fracturation augmente en profondeur de même que la fréquence des coups de toit. Ce comportement est dû au caractère "cassant" ("brittle") de la roche qui réagit aux variations croissantes des contraintes induites par les ouvertures de plus en plus profondes.

Quelques tests avec un appareil sismique (1 canal) ont été réalisés pour déterminer la vitesse des ondes sonores dans le massif rocheux. Ces tests ont été compliqués par la proximité des nombreuses ouvertures souterraines qui ont pour effet de modifier la vitesse des ondes dans le milieu rocheux. Ces changements de vitesse sont attribués aux redistributions des contraintes dans les parois longeant les ouvertures. Les vitesses enregistrées variaient entre 8 000 et 12 000 pi/sec (2400 et 3600 m/sec) avec des pointes allant parfois jusqu'à 19000 pi/sec (5700 m/sec). L'activité acoustique varie de 50 à 100% avec une moyenne de 75%: cette activité correspond au pourcentage de la résistance en compression pour lequel on observe une augmentation exponentielle des émissions sonores émises par la roche.

ROCK CHARACTERISTICS

TABLE 7.1

CARACTÉRISTIQUES DE LA ROCHE

TABLEAU 7.1

LOCATION EMPLACEMENT		FOOT WALL ÉPONTE INFÉRIEURE	OREBODY GISEMENT	HANGING WALL ÉPONTE SUPÉRIEURE
ROCK TYPE TYPE DE ROCHE		Andesite & diorite Andésite & diorite	Gold bearing quartz & carbonate veins Veines de quartz & carbonate aurifères	Andesite & diorite Andésite & diorite
DENSITY DENSITÉ		2.7	2.7 - 2.9	2.7
COMPRESSIVE STRENGTH RÉSISTANCE EN COMPRESSION	psi x 10^3 (MPa)	34± 5 (234±34)	-	34± 5 (234±34)
SHEAR STRENGTH RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-
TENSILE STRENGTH RÉSISTANCE EN TENSION	psi x 10^3 (MPa)	3.4 (estimated) (23)(estimé)	-	3.4 estimated (23) estimé
POINT LOAD STRENGTH INDICE DE DOUBLE POINCONNEMENT	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-
POISSON'S RATIO RAPPORT DE POISSON		0,25	-	0,25
YOUNG'S MODULUS MODULE DE YOUNG	psi x 10^6 (GPa)	12 (83)	-	12 (83)
RQD %		-	-	-
GEOMECHANICAL CLASSIFICATION CLASSIFICATION GÉOMÉCANIQUE		-	-	-

7.5 CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES

. Mort(s)-terrain(s)

La propriété minière est située entre deux lacs localisés au nord et au sud ouest. Les excavations souterraines n'atteignent pas les lacs. Cependant les galeries supérieures de la zone "NS" passent en-dessous d'une rivière. Au dessus de la zone "NC" le niveau piézométrique est plus bas que le contact mort-terrain roc car aucune trace d'eau n'a été signalée dans deux tranchées atteignant le roc. Aucune étude particulière n'a été entreprise pour connaître les conditions hydrogéologiques au-dessus de la zone "NS".

. Massif rocheux

Environ 200 (US)GPM (13 l/s) sont pompés de la mine. La majorité de l'eau provient surtout du remblai hydraulique. Le réseau de drainage (bassins de captage) est dispersé sur 7 niveaux, incluant le dernier. Plusieurs trous ont été injectés de ciment durant les travaux d'exploitation, entre le 3e et 4e niveau. Par contre aucune injection de ciment n'a été effectuée dans les piliers de surface.

Les niveaux supérieurs ne sont pratiquement pas affectés par l'eau, tandis que les niveaux inférieurs n'en drainent qu'un faible volume. L'eau semble corrosive car les boulons et les divers matériaux ferreux installés dans le roc deviennent fortement rouillés après un an.

7.6 OPERATIONS MINIERES

. Méthodes d'exploitation

Avant 1966, les chantiers étaient exploités entièrement par la méthode chambre-magasin non remblayée. Entre 1966 et 1975, la méthode coupe et remblai remplaça graduellement la première méthode et depuis 1976 le gisement est uniquement exploité par coupe et remblai. Avec cette méthode, des tranches de minerai de 8 pi (2.4m) d'épaisseur sont extraites et le remblayage suit immédiatement cette opération.

. Conditions d'opération

Le minage des chantiers supérieurs s'est effectué graduellement du bas vers le haut, jusqu'à quelques 30 pi (9.1m) du contact mort-terrain - roc. Les chantiers supérieurs furent exploités au moyen de bâtons de dynamite. La profondeur et le diamètre des trous de forage sont respectivement 8 pi (2.4m) et 1¼ po (3.18cm).

Depuis plus de 25 ans que les chantiers supérieurs ont été exploités. Ils ne sont pas remblayés et ne montrent toujours pas de signes évidents d'instabilité.

Des chantiers supérieurs au chantiers inférieurs, le pourcentage d'extraction est passé de 100 à 75% et la dilution demeure généralement entre 5 et 10%.

7.7 SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENTS

. Soutènement primaire

Aucun pilier de paroi n'a été laissé dans les chantiers, ces derniers étant très étroits (5-6 pieds: 1,5-2m).

. Remblayage et renforcement

Le principal problème rencontré dans cette mine est le contrôle des coups de toit. Le remblayage des chantiers et la pose de boulons ont contribué grandement à diminuer la fréquence des "rockbursts" dans les chantiers inférieurs. Les boulons conventionnels représentent 90% des méthodes de renforcements utilisés, les câbles cimentés 5% et le boisage 5%. A partir du 16e niveau, des treillis métalliques couvrent près de 50% de la surface du toit des galeries et des chantiers inférieurs. Quelques essais de traction et de cisaillement (couple) ont été effectuées sur des boulons. Les résultats n'étaient cependant pas disponibles.

Le remblayage successif des chantiers nouvellement exploités est constitué d'une couche de 7 pi (2.1m) de résidus miniers surplombée d'un pied de mélange consolidé de résidus miniers et de ciment (rapport 15:1) qui sert de plancher de travail. Dans les premiers niveaux, le terrain a été consolidé par des structures de bois, incluant des trémis à minerai et le plafond des galeries longeant les veines minéralisées.

Dans les chantiers supérieurs, des poutres de bois ont été placées entre les épontes, de façon à freiner la convergence des murs. Dans les chantiers inférieurs le drainage des chantiers remblayés est facilité par l'édification de filtres constitués de poutres de bois et de jute. Dans les chantiers de plus de 5 000 pi^2 (465m^2), des tuyaux perforées sont installées dans le remblai.

Les résidus miniers utilisés comme remblai affichent la granulométrie suivante:

# Mesh	%	% cumulé
65	10.5	10.5
100	14.0	24.5
150	28.0	52.5
200	14.5	67.0
325	22.0	89.0
-325	11.0	100.0

Depuis que la méthode coupe et remblai est utilisée systématiquement, la stabilité des chantiers semble accrue d'après le personnel rencontré. Cette méthode contribue à diminuer le "sloughing" dans les épontes et permet de capter une partie de l'énergie emmagasinée autour des ouvertures. Cette méthode a aussi un effet psychologique rassurant sur les mineurs.

7.8 PROGRAMMES DE SURVEILLANCE

. Mesure des contraintes

Aucune mesure de contrainte n'a été effectuée dans cette mine.

. Mesure des déplacements

Une action préventive de la part du personnel minier consiste à mesurer la convergence des épontes dans les chantiers situés au 16e niveau et ceux en-dessous. Un extensomètre de fabrication "maison" est utilisé pour détecter le mouvement des épontes. D'après le personnel de la mine, les résultats sont plus ou moins significatifs et difficiles d'interprétation. Des paramètres non identifiés interfèrent dans les lectures des déplacements. Une étude des discontinuités dans les niveaux inférieurs a été entreprise en janvier 1985: les déplacements ont été simulés à l'aide du programme "DZTAB". Cette étude n'était cependant pas disponible.

. Autres programmes

Un appareil de géophysique servant à détecter les micro séismes, le "stress alert", a été utilisé sans grands résultats. La direction de la mine a décidé de retirer cet instrument car il provoquait seulement des fausses alertes. Les nombreux coups de toit déclenchaient sans cesse le système d'alarme installé dans les chantiers inférieurs.

D'après la direction de la mine, une visite annuelle sommaire des chantiers supérieurs est suffisante, étant donné la stabilité constante de ces chantiers vieux d'environ 25 ans.

7.9 CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE

. Personnel impliqué

D'après un membre du personnel rencontré, la conception des piliers de surface a été probablement confiée au chef ingénieur durant l'exploitation des chantiers supérieurs au premier niveau. A cette époque les départements de géologie et de mine étaient confondus en un seul. Les décisions de la direction et du personnel professionnel étaient basées principalement sur l'expérience acquise dans les autres mines affichant des caractéristiques semblables à celle-ci.

Actuellement c'est le département de l'ingénierie minière qui est responsable de la conception des piliers, sous la direction de l'ingénieur en chef. Un département de mécanique des roches nouvellement créé est également impliqué dans la conception des piliers. La figure 7.4 montre l'organigramme de conception des piliers de surface. Aucune étude particulière n'a été réalisée sur les piliers de surface.

Les dangers potentiels que représentent les coups de toit ont motivé la direction de la mine à commander une étude sur ce problème. Cette étude a été menée en 1962-63 et une des principales recommandations concernait l'utilisation de la méthode coupe et remblai pour résoudre ce problème.

ORGANIZATION CHART - PILLARS DESIGN
ORGANIGRAMME - CONCEPTION DES PILIERS

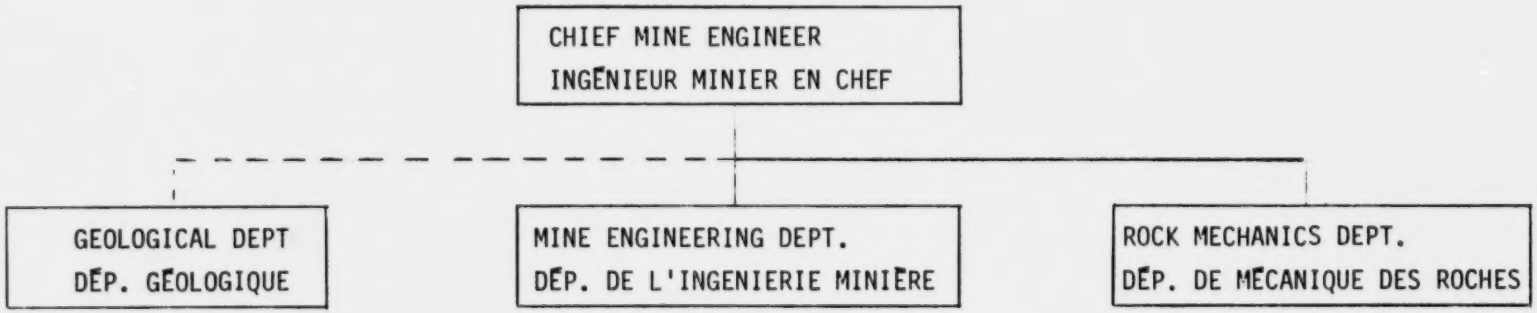


Figure 7.4

. Etapes chronologiques

Aucune approche particulière basée sur des calculs analytiques et/ou sur une étude géostructurale du massif rocheux ne fut employée dans le dimensionnement du pilier de surface.

Le contact mort-terrain - roc fut établi à l'aide d'une série de sondages. Les dimensions des piliers de surface ont été influencées par la longueur et la largeur des veines situées près de la surface et une valeur arbitraire moyenne (40 pieds) fut choisie pour l'épaisseur. Aucune modification n'a été approtée à la conception initiale des piliers de surface.

. Facteurs de conception

Les facteurs de conception se résument à une approche pratique basée sur l'expérience du personnel minier oeuvrant depuis plus de quinze ans dans les mines souterraines.

. Dimensions des piliers

L'épaisseur des piliers varie autour de 35 pi (11m) et le rapport "épaisseur des piliers/largeur du chantier sous-jacent" varie de 2,5 à 9,2. Le tableau 7.2 montre une vue générale des dimensions des piliers de surface et des chantiers sous-jacents.

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 7.2
TABLEAU

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	-	-	-	-	-	15 (5)	15 (5)	15 (5)
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	6 (2)	20 (6)	30 (9)	15 (5)	20 (6)	15 (5)	15 (5)	15 (5)
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	20 (6)	25 (8)	30 (9)	40 (12)	15 (5)	45 (14)	50 (15)	55 (17)
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	6 (2)	6 (2)	6 (2)	6 (2)	6 (2)	18 (5)	12 (4)	8 (2)
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	165 (50)	80 (24)	880 (268)	120 (37)	200 (61)	40 (12)	45 (14)	90 (27)
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		3.3	4.2	5.0	6.7	2.5	2.5	4.2	6.9
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)	100 (30)	80 (24)	110 (34)	120 (37)	140 (43)	30 (9)	30 (9)	25 (8)
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI	feet-pi. (m)	0	0	0	0	0	0	0	0

7.10 EVALUATION VISUELLE DU (DES) PILIER(S) DE SURFACE

Les chantiers supérieurs n'ont pas été remblayés depuis leur exploitation complète. Dans la zone "NC", les points de soutirage et le plafond des galeries boisées sont encore intacts et les poutres de bois mis en travers des chantiers paraissent également bien conservés, alors que la convergence des épontes semble nulle. Les parois rocheuses n'affichent pas un haut degré de fracturation: le R.Q.D. est estimé à 60 - 80%. Aucune famille distincte de joints n'a été identifiée. Les fractures semblent orientées et dispersées aléatoirement. Aucune infiltration d'eau importante n'a été repérée; tout au plus, par endroits les parois rocheuses montrent une surface humide. Les chantiers suivent l'orientation des couches géologiques. Les toits des galeries n'ont pas été boulonnés.

La zone "NS" montre également une roche plutôt résistantes. Les conditions de terrain sont semblables à celles de la zone "NC", sauf que la présence d'eau est plus marquée (léger écoulement d'eau par endroits) et que le massif semble plus fracturé. Le R.Q.D. est estimé à 40 - 60%. Les chantiers visités dans cette zone ne contiennent pas de structures boisées semblables à ceux observées dans la zone "NC".

7.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

Aucun programme de recherche relié aux piliers de surface n'est présentement à l'étude. Cependant, la direction a exprimé le désir d'exploiter dans quelques années certains piliers de surface. La définition du contact sol - roc demeure leur principale préoccupation: la qualité du roc semble bonne et constante. Aucun problème d'eau majeur n'est à prévoir.

Dans l'optique de développement de nouvelles mines souterraines, la direction est d'avis qu'une apporche basée sur la géologie structurale et les propriétés géomécaniques est fortement souhaitable.

MINE # 8

TABLE DES MATIERES

		PAGE
8.0	RESUME DE LA VISITE	205
8.1	INFORMATIONS GENERALES	207
	.Géologie régionale	
	.Géologie locale	
	.Caractéristiques du gisement	
8.2	ENVIRONNEMENT MINIER	211
8.3	MORTS-TERRAINS	212
	.Etudes et travaux	
	.Stratigraphie et caractéristiques	
8.4	MASSIF ROCHEUX	217
	.Nature des roches	
	.Géologie structurale	
	.Caractéristiques	
8.5	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	221
	.Morts-terrains	
	.Massif rocheux	
8.6	OPERATIONS MINIERES	223
	.Méthode(s) d'exploitation	
	.Conditions d'opération	
8.7	SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT	228
	.Soutènement primaire	
	.Remblayage et renforcement	
8.8	PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE	230
	.Mesure des contraintes	
	.Mesure des déplacements	
	.Autres programmes	
8.9	CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	231
	.Personnel impliqué	
	.Etapes chronologiques	
	.Facteurs de conception	
	.Dimensions des piliers	
8.10	EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	235
8.11	COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	236

8.0 RESUME DE LA VISITE

La minéralisation de cuivre/nickel, composée de sulfures massifs et de brèches avec inclusions de sulfures, est associée à une bande de roches vertes et de péridotite serpentinisée. La largeur du dépôt varie de 10 à 50 pi (3 à 15m) sur une distance de plus de 6200 pi (1890m). Il est plus ou moins continu d'est en ouest, sub- vertical et plonge vers l'est.

Du côté ouest, la partie haute du gisement se rend jusqu'au contact du roc avec le mort-terrain. Cette zone est située sous un lac d'une profondeur d'environ 25 pi (8m) et sous une couche de morts-terrains dont l'épaisseur atteint 150 pi (46m). Des travaux de reconnaissance ont permis de déterminer la composition et les caractéristiques de ces sols, en plus de localiser la position du roc sous-jacent.

Les épontes du gisement sont en général de faible compétence et ont subi l'influence d'une faille majeure située au sud de la zone minéralisée: de nombreuses failles secondaires ou fissures recoupent la direction du gisement avec un angle de 60° et l'on retrouve à l'intérieur de la péridotite altérée la présence de nombreux joints striés ("slickensides").

Localement, les galeries de développement ont intercepté des veines d'eau et l'on a dû injecter du coulis pour contrôler l'infiltration de l'eau. La mine évacue sur une base régulière environ 800 (I)GPM (61 l/s).

Après quelques essais infructueux de diverses méthodes de minage, la méthode de coupe et remblai non consolidé a été adoptée. Présentement la compagnie convertit ses opérations au "VRM" avec remblai consolidé. Des piliers de sole (sill pillar) de 30 pi (9m) d'épaisseur sont laissés à tous les 150 pi (46m) verticaux; aucun pilier transversal n'est abandonné à l'intérieur de la zone minéralisée.

L'actuel pilier de surface a environ 240 pi (73m) d'épaisseur et 2800 pi (853m) de longueur, sa largeur varie de 10 à 50 pi (3 à 15m). Il n'y a pas de programme de surveillance d'établi à ce niveau.

Il a été conçu selon des critères basés sur une appréciation générale de la compétence de la roche et la présence du lac en surface.

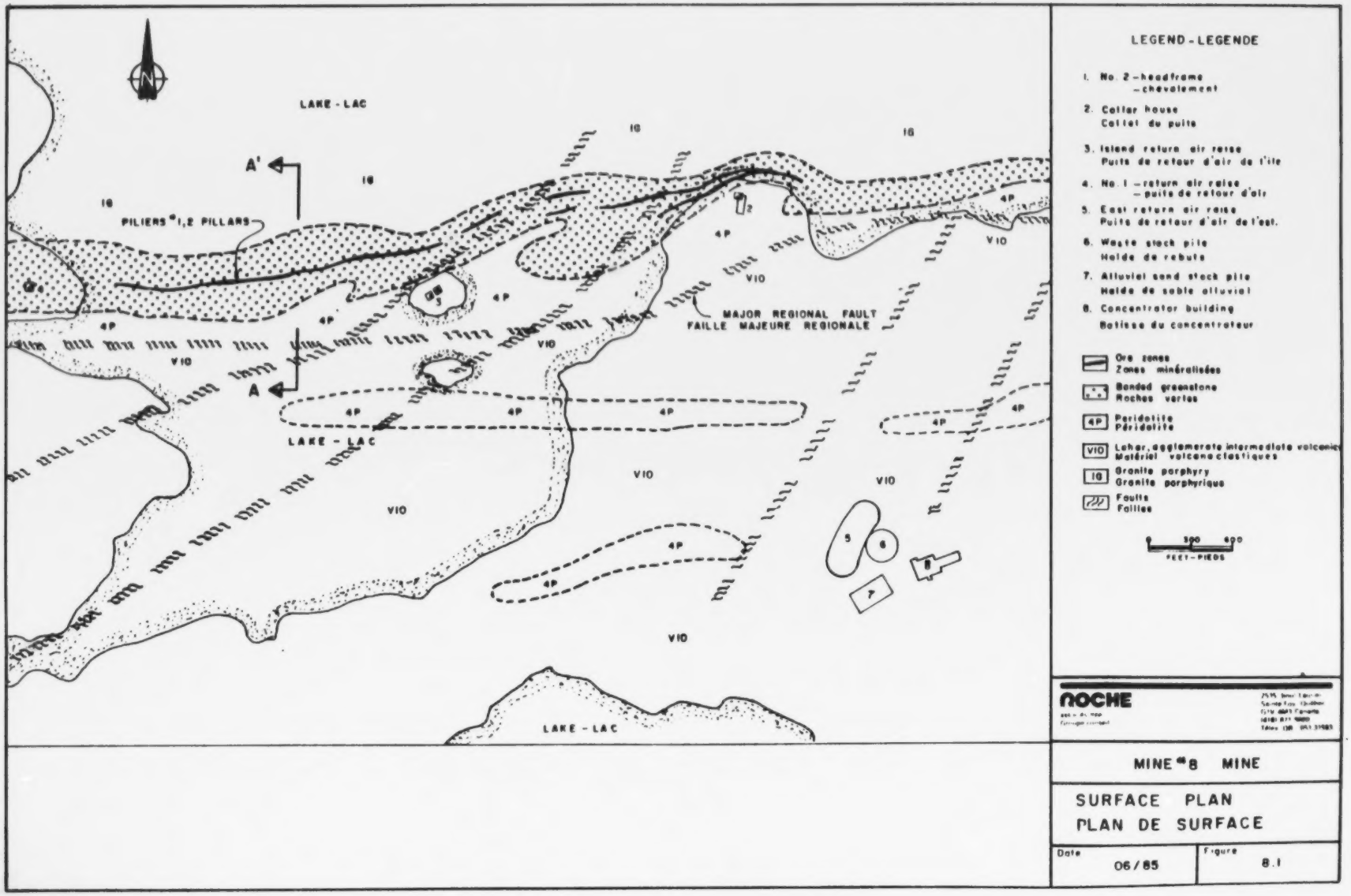
8.1 INFORMATIONS GENERALES

. Géologie régionale

La propriété est localisée dans la partie sud de la province géologique du supérieur. La région est caractérisée par une large bande de roches métavolcaniques et métasédimentaires hautement altérées, d'orientation générale est-ouest. Le degré de métamorphisme est celui du faciès des schistes verts. Ces métavolcaniques sont entre-coupées de roches intrusives, felsiques pour la plupart; de plus, en de rares occasions l'on retrouve des intrusifs de contact composés de roches mafiques et ultra-mafiques. Celles-ci forment généralement des "sill" ou inclusions linéaires à l'intérieur de la séquence des roches métavolcaniques.

. Géologie locale

Comme l'indiquent les figures 8.1 et 8.2, la minéralisation est associée à une bande de péridotite serpentinisée ou des bandes roches vertes situées près du contact entre les roches métavolcaniques (principalement composées de basalte) du côté sud et le granite porphyrique du côté nord. La péridotite est très cisaillée et présente de nombreuses surfaces lisses et striées provenant de la friction le long de plans de cisaillement. Une faille majeure, reconnue également à l'échelle régionale, longe la partie sud du gisement d'est en ouest à une distance variant de 200 à 300 pi (61 à 91m).

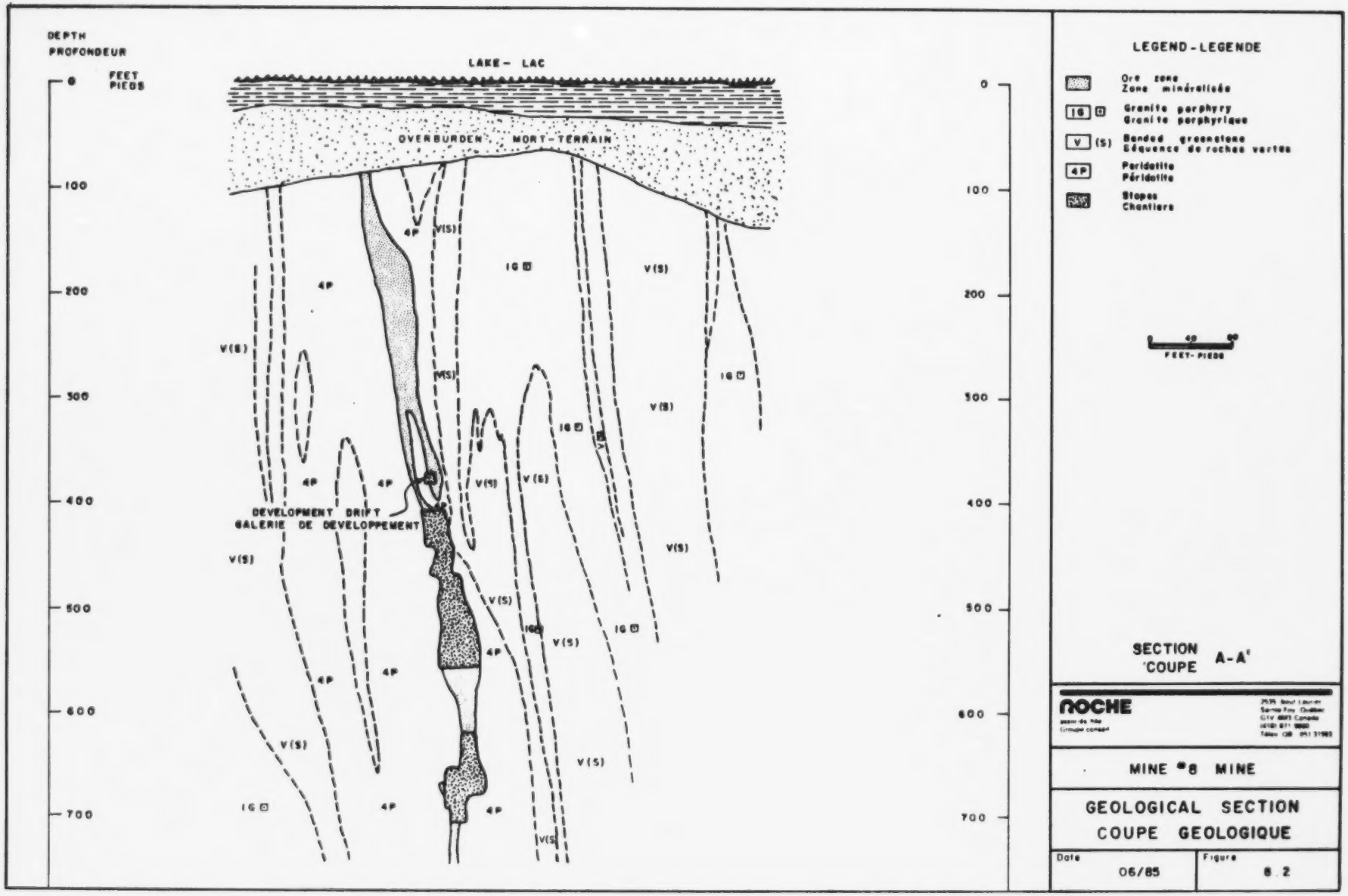


NOCHE

MINE N°8 MINE

SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE

Date	Figure
06/85	8.1


DEPTH
PROFONDEUR
FEET
PIEDS
0
100
200
300
400
500
600
700
LAKE - LAC
OVERBURDEN - MORT-TERRAIN
4P
V(S)
IG
DEVELOPMENT DRIFT
GALERIE DE DEVELOPPEMENT
LEGEND - LEGENDE
Ore zone
Zone minéralisée
Granite porphyry
Granite porphyrique
Banded greenstone
Séquence de roches vertes
Peridotite
Péridotite
Stopes
Chantiers
FEET - PIEDS
SECTION A-A'
COUPE
NOCHE
MINE #8 MINE
GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE
Date
06/85
Figure
8.2

. Caractéristiques du gisement

Le gisement est du type métallique composé d'une brèche de minerais sulfureux et de sulfures massifs. L'on retrouve la minéralisation à l'intérieur d'une intrusion de roches mafiques et ultra-mafiques (péridotite). Les minerais exploités sont le cuivre et le nickel dans un rapport moyen de 0.5/1.0. Le dépôt est généralement continu selon l'axe longitudinal orienté E-O mais varie passablement en puissance (épaisseur). Il est sub-vertical, s'incline à environ 80° vers le nord et plonge vers l'est.

La minéralisation est toutefois erratique sur une longueur de plus de 6 200 pi (1890m) et une épaisseur variant de 10 à 50 pi (3 à 15m). La partie "est" de la mine est constituée d'une veine ramifiée qui tend à devenir simple dans le secteur ouest de la propriété. C'est d'ailleurs dans ce secteur qu'elle atteint la surface et donne lieu à l'abandon d'un pilier de surface.

Enfin, la propriété est en opération continue depuis 1972 et produit environ 1 500 tonnes/jour.

8.2 ENVIRONNEMENT MINIER

Comme l'indique la figure 8.1, la partie ouest de la propriété est entièrement recouverte par un lac. Nous nous sommes donc concentrés sur la zone comprise entre le puits no 1 et la monterie de ventilation située sur l'ilôt rocheux. Dans ce secteur, le fond du lac est constitué de mort-terrain dont l'épaisseur varie entre 100 et 150 pieds (30 à 46m).

La nécessité s'imposait donc de conserver un pilier de surface dans ce secteur, même si la minéralisation atteint l'interface sol/roc. Ailleurs sur la propriété, puisque la partie supérieure du minerai est située à environ 500 pi sous l'interface, aucun minage ne sera effectué au-dessus de ce niveau et conséquemment la zone "est" a été négligée pour les besoins de cette étude.

8.3 MORTS-TERRAINS

.Etudes et travaux

Une étude géotechnique a été menée dans la zone du pilier de surface, plus précisément entre le puits de ventilation et le puits no 1 situé sur le rivage. Dans ce secteur nous l'avons souligné, la minéralisation atteint l'interface mort-terrain/roc. Les buts de cette étude étaient doubles: elle devait permettre d'une part d'évaluer le profil du roc et d'autre part fournir des indications sur la stratigraphie des couches de sols recouvrant le fond du lac.

L'objectif ultime de cette campagne de reconnaissance était de vérifier s'il existait des dépressions majeures susceptibles d'affecter l'épaisseur du roc laissé comme pilier de surface. De plus, les résultats de l'étude ont servi à évaluer de façon préliminaire la faisabilité d'un projet d'extraction de ce pilier par un puits à ciel ouvert, le mort-terrain devant alors être enlevé; d'où la nécessité d'en connaître la composition, la quantité, etc.

Dans cet exemple deux sources d'informations ont été utilisées par la compagnie:

i) les forages au diamant ayant servi à l'exploration de la propriété

ii) des sondages spéciaux pour prélever des échantillons de mort-terrain.

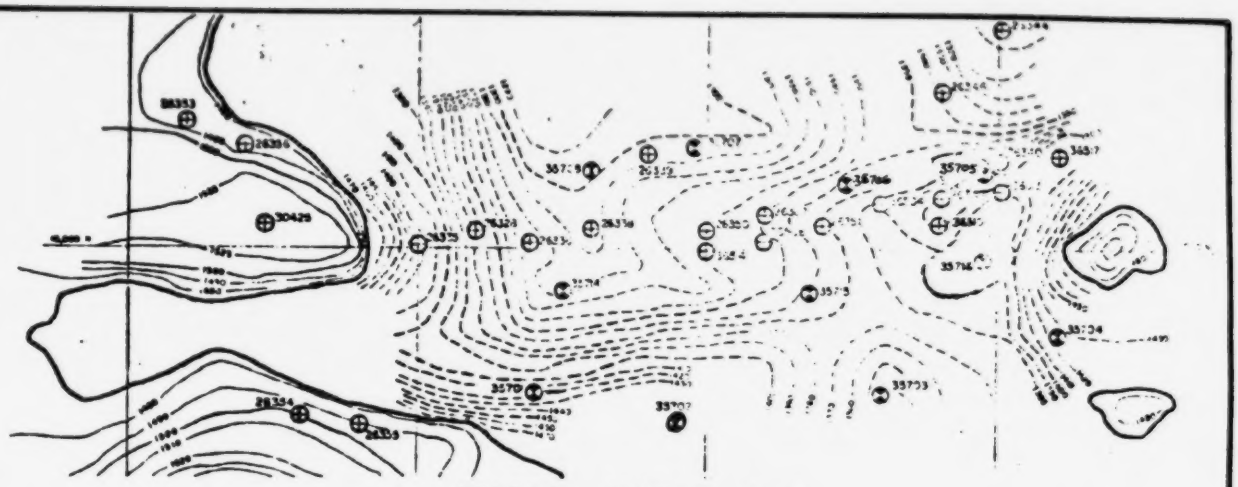
La position de ces sondages est représentée sur la figure 8.3.

.Stratigraphie et caractéristiques

Dans un premier temps le profil du roc a été déterminé le long de l'axe longitudinal du gisement (E-O), selon un espacement de 200 pi (61m) environ. Toutefois, les valeurs obtenues doivent être interprétées avec discernement puisque la majorité des forages d'exploration ont été faits avec un angle moyen de 50° par rapport à l'horizontal.

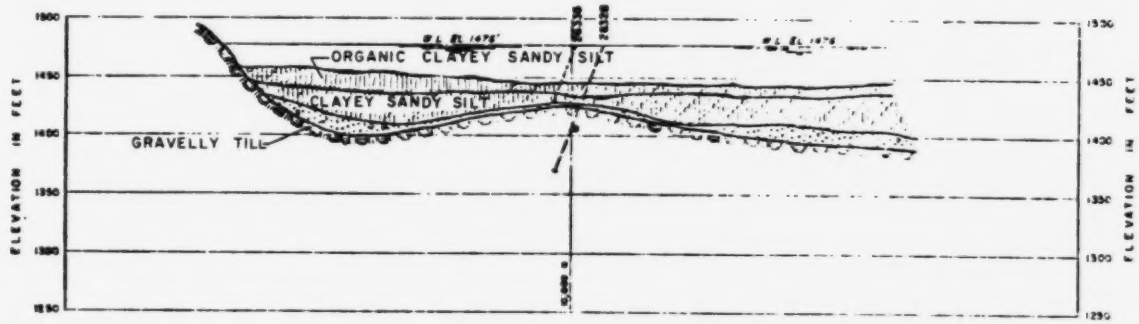
Une série de (10) forages supplémentaires a été commandée afin de prélever des échantillons de sol et de mieux définir le profil du roc. Ces sondages étaient répartis de part et d'autre du gisement jusqu'à environ 400 pi (122m) de distance du côté nord et 600 pi (183m) du côté sud, afin de combler les "vides" laissés par les trous d'exploration. Ils étaient verticaux et ont permis de récupérer des échantillons de 2 po (51mm) de de diamètre.

Malheureusement, il a été impossible de retrouver la compilation des résultats d'analyses effectuées sur ces sols. Nous avons cependant obtenu quelques sections verticales représentatives des sols (figure 8.3) ainsi qu'une brève description de ceux-ci compilée à la figure 8.4. Les essais standards de pénétration ou "blow count" indiquent une augmentation de la densité des matériaux avec la profondeur. Nous estimons que la densité des sols varie entre 100 et 145 lbs/pi^3 (16-23kN/m^3). Il n'y a pas de couche d'argile raide ni de matériau suffisamment compact pour offrir un certain support.

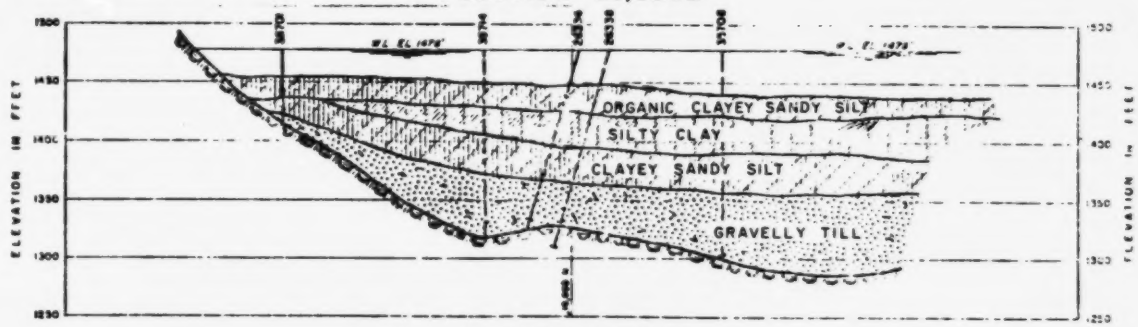


BEDROCK CONTOUR PLAN

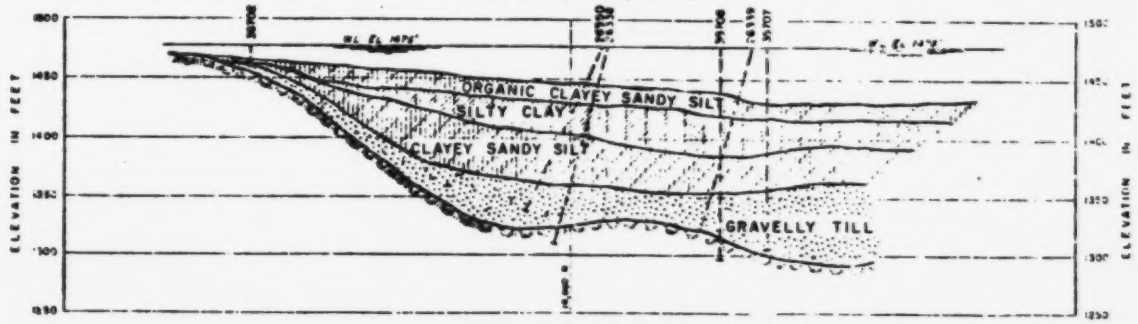
SCALE 0 500 1000 FEET



SECTION 20,000E



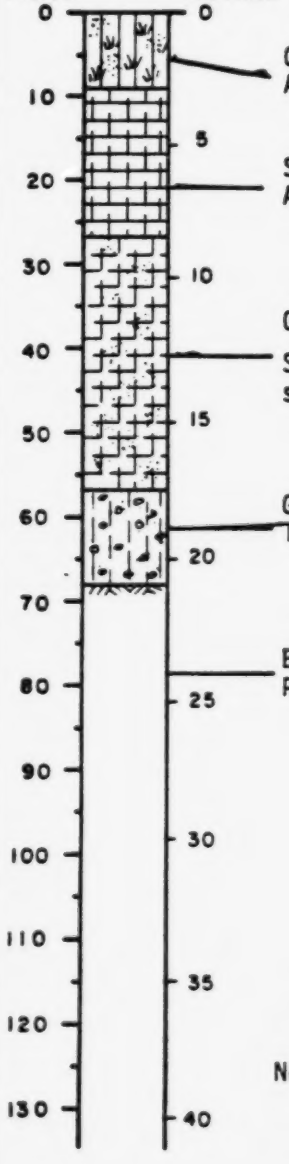
SECTION 20,400E



SECTION 20,800E

FIG. 8.3 : POSITION OF DRILLING
POSITION DES FORAGES

SOIL STRATIGRAPHY
STRATIGRAPHIE DU SOL



PENETRATION INDEX
INDICE DE PENETRATION

Organic clay and sandy silt
Argile organique et silt sablonneux

Silty clay, very sensitive — N = 5 to 30
Argile silteuse, très sensible

Clavey sandy silt, fine sand interbedded — N = > 30
Silt argileux et sablonneux, litages de sable fin

Gravelley till — N = > 100
Till graveleux

Bedrock
Roc

Note: - Informations from section 22 000 E
L'information provient de la section 22 000 E

- Lake at surface : 30' depth
Lac en surface : 30' de profondeur

ROCHE associés Roe Groupe-conseil 2535, boul Laurier Sainte-Foy Québec G1V 4M3 Canada (418) 871 9600 Télex OBC 051 31593	MINE * 8 MINE	Date 07-1985	Figure 8.4

Ces types de sols sont évidemment saturés à 100% et susceptibles de s'écouler librement s'ils ne sont pas retenus par le roc sous-jacent. Aucune tentative pour modifier les conditions du mort-terrain n'a été entreprise par la compagnie depuis les débuts de l'exploitation de ce gisement.

8.4 MASSIF ROCHEUX

.Nature des roches

L'éponte inférieure immédiate est composée de péridotite et d'inclusions de roches volcaniques ou granite porphyrique; l'éponte supérieure est un mélange de péridotite et d'inclusions plus importantes de granite porphyrique alternant avec des bandes de roches vertes dont de l'andésite et du basalte. Le gisement est généralement un sulfure massif; mis à part le degré de métamorphisme, il est difficile d'évaluer si la partie supérieure du gisement a été altérée chimiquement par l'effet de l'eau. La compagnie ne possède aucun sondage à l'intérieur de la zone du pilier de surface.

.Géologie structurale

La structure la plus importante est la faille principale située à environ 300 pi (90m) au sud du dépôt. Même si elle est postérieure à la minéralisation elle peut influencer la stabilité de la zone minéralisée.

Associé à cette faille, l'on reconnait un réseau de fracturation secondaire assez bien développé qui peut affaiblir le massif rocheux. Ces failles secondaires recoupent le grand axe du gisement à un angle de 60° et plongent vers l'ouest à environ 75°; elles ont un espacement variant de 5 à 10 pi (1,5 à 3m). La figure 8.5 illustre de façon schématique ce phénomène.

Quelques failles importantes traversent le gisement avec un angle de 60° par rapport à son grand axe mais sont localisées à l'extérieur de la zone du pilier de surface (voir figure 8.1).

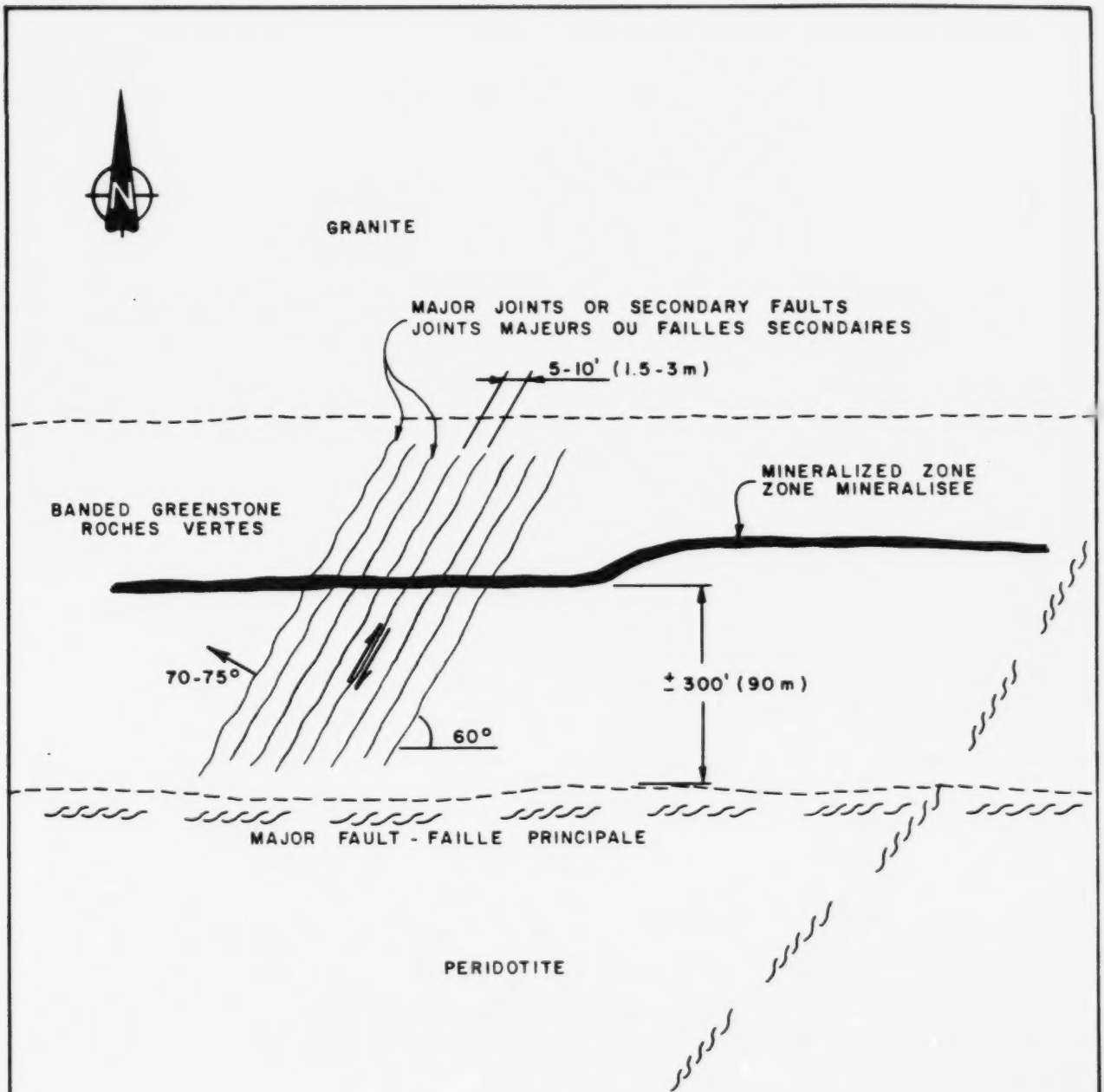


FIG. 8.5 STRUCTURAL FEATURES
SYSTEME DE FAILLES

Enfin, de façon générale la péridotite présente une linéation bien définie parallèle au pendage du gisement (soit 80°N) avec présences de nombreuses "slickensides".

. Caractéristiques

La compagnie n'a pas déterminé les propriétés géomécaniques des roches caractéristiques du gisement. Toutefois toutes les personnes rencontrées s'accordent pour apprécier la qualité des roches de la façon suivante:

> " Le gisement est très compétent alors que les roches des épontes sont molles".

Les seules valeurs quantitatives obtenues au moment de la visite concernaient la densité des matériaux.

péridotite:	2.90
grande porphyrique:	2.75
sulfures massif:	3.44

Le massif rocheux n'a pas été classifié selon des mesures de R.Q.D. ou selon l'une ou l'autre des nombreuses classifications.

Au niveau des épontes inférieure et supérieure, les contacts entre le gisement et la roche hôte sont très nets et représentent définitivement des plans de faiblesse. Ces plans, associés aux points majeurs, tel que définis plus avant, posent de sérieux problèmes de stabilité.

A défaut de valeurs numériques sur la qualité du massif rocheux, nous obtenons une appréciation de ce dernier en étudiant l'évolution dans le temps des méthodes de minage utilisées dans cette mine, comme nous le verrons au chapitre 6 de ce texte.

8.5 CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES

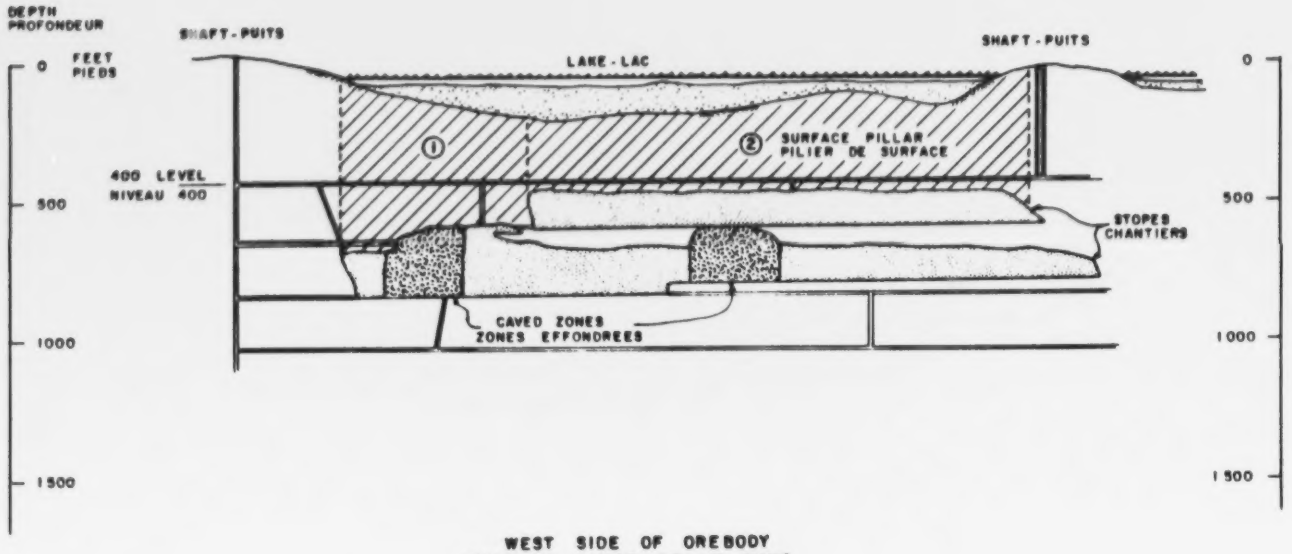
. Morts-terrains

La partie ouest de cette opération est totalement située sous un lac. Le mort-terrain du fond du lac est définitivement saturé à 100%; nous ne savons pas toutefois s'il existe des horizons perméables importants dans cette zone.

. Massif rocheux

Au moment du percement de la galerie du niveau 400 (voir figure 8.6) les opérateurs ont rencontré quelques veines d'eau généralement associées aux failles transversales majeures. Ces veines ont causé des ennuis à court terme mais ne présentent plus aujourd'hui de problème sérieux en terme de venue d'eau. Puisque cette galerie du 400 suit l'axe longitudinal du gisement dans toute la partie ouest, le succès limité des tentatives de colmatage par injection de ciment est donc un indice du degré de fracturation élevé des épontes (constituées de péridotite). En effet, il a été rapporté que l'injection de ciment ne réussissait pas à stopper l'infiltration d'eau mais au contraire la déplaçait d'un endroit à un autre. Par ailleurs, au moment du creusage des puits, le colmatage a été beaucoup plus efficace.

Les installations de pompage sont conventionnelles et la mine évacue environ 800 (I)GPM (61 l/s) sur une base annuelle, sans variation saisonnière notable.



WEST SIDE OF OREBODY
SECTEUR OUEST DE LA MINE

LEGEND - LEGENDE

noche

MINE "B MINE

LONGITUDINAL SECTION
COUPE LONGITUDINALE

Date	Figure
08/85	8.6

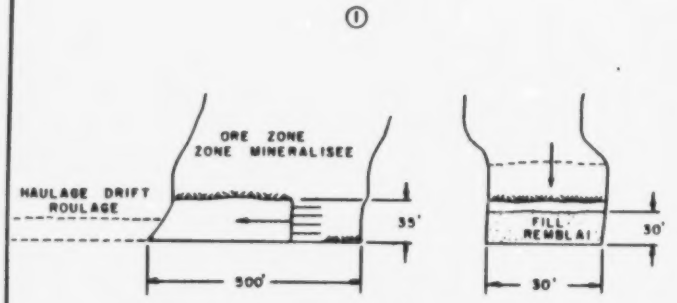
8.6 OPERATIONS MINIERES

Comme nous l'avons souligné, c'est au niveau de l'examen de l'évolution des méthodes de minage que nous sommes le plus susceptibles d'apprécier la qualité du massif rocheux.

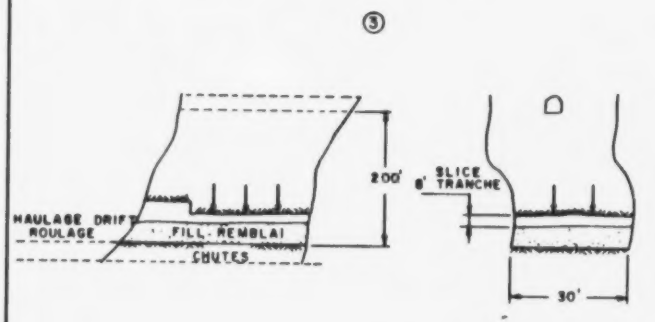
.Méthode(s) d'exploitation

La figure 8.7 illustre de façon très schématisée la séquence des méthodes utilisées. Au total la compagnie a utilisé (4) méthodes de minage différentes, décrites ci-dessous dans l'ordre chronologique. Présentement les méthodes #3 et #4 sont employées mais progressivement seule la dernière sera conservée. Dans la plupart des cas, les chantiers ont 500 pi (152m) de longueur et une puissance (largeur) moyenne de 30 pi (9m).

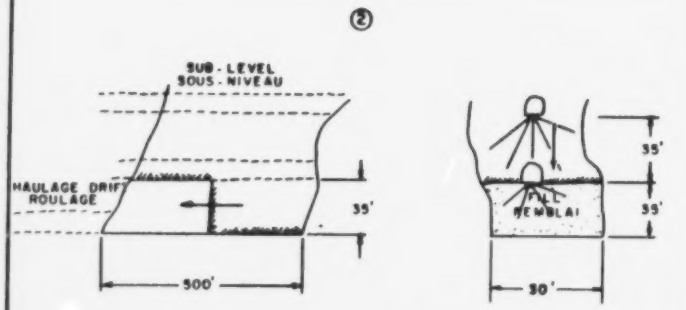
La technique #1 n'a été employée que dans un seul chantier "pilote". Elle est nommée coupe d'un bloc et remblai (block cut and fill) et consiste à forer à l'horizontale et dynamiter une tranche de 35 pi (10,6m) de hauteur sur toute la largeur et la longueur du chantier. Une fois le minerai déblayé, seulement 30 pi (9m) de remblai hydraulique non-cimenté sont placés dans le chantier. L'on progresse ainsi de bas en haut. Le chantier a été miné avec difficultés sur une hauteur de 200 pi (61m) et un effondrement majeur a mis fin à son exploitation. Cette méthode ne permettait pas un support adéquat du terrain.



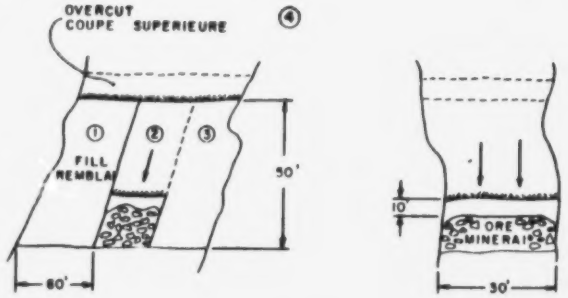
BLOCK CUT-AND-FILL
CHAMBRE ET REMBLAI PAR BLOCS



MECHANIZED CUT-AND-FILL
CHAMBRE ET REMBLAI MECANISE



MODIFIED BLOCK CUT-AND-FILL
CHAMBRE ET REMBLAI PAR BLOCS (MODIFIEE)



"V.R.M." METHOD
METHODE "V.R.M."

LEGEND - LEGENDE

NOCHE

MINE "8 MINE

MINING METHODS
METHODES DE MINAGE

Date	Figure
08/85	8.7

Le technique #2 est une version modifiée de la première. Le minerai est abattu par longs trous forés à partir de sous-niveaux situés au centre du chantier et espacés d'une hauteur de 35 pi (10,6m). Les chantiers dans lesquels cette méthode a été utilisée avaient 100, 200 et 300 pi (30, 61, 91m) de longueur. Ici encore les chantiers étaient remblayés après l'enlèvement du déblai. Cette méthode produisait une dilution excessive provenant des murs des chantiers et (3) effondrements ont mis fin à son utilisation. Encore une fois l'absence de support adéquat est la cause de ces échecs.

La technique #3 est la méthode classique de coupe et remblai mécanisée. Les équipements sont captifs dans les chantiers et des tranches de 8 pi (2,4m) d'épaisseur sont forées et dynamitées du bas vers le haut jusqu'à une hauteur de 200 pi (61m). On utilise encore ici du remblai hydraulique non-cimenté. Avec cette technique aucun effondrement ne s'est produit et la dilution provenant des épontes est minimale.

La technique #4 est le "VRM" ou "vertical retreat mining", de plus en plus répandue dans les opérations comme méthode d'extraction de masse. Elle est surtout utilisée dans la partie EST du gisement mais sera généralisée à l'ensemble de la propriété sous peu. Elle consiste à forer des trous de 6½po (dia) (165mm) à partir de sous- niveaux espacés en hauteur de 50 pi (15m). Le chantier est miné par sections longitudinales de 60 pi (18m) de longueur et d'une largeur égale à la zone minéralisée, soit en moyenne 30 pi (9m).

Ce vide de 60 x 30 x 50 pi (18 x 9 x 15m) de hauteur est alors comblé avec du remblai consolidé avant de procéder au sautage de la section suivante.

Cette technique semble donner de bons résultats au point de vue support du terrain mais la direction pense que le sautage produit toujours un peu de dilution. Aucun effondrement n'est survenu avec l'utilisation de cette technique.

. Conditions d'opération

L'on constate à partir de la figure 8.6 que le % d'extraction du minerai est d'environ 80%. Aucun pilier transversal n'est laissé entre les chantiers selon l'axe longitudinal de la zone minéralisée. Toutefois des piliers de sole (sill pillar) sont abandonnés à tous les 150 pi verticaux. Dans l'ensemble le dépôt est miné de haut en bas alors que les chantiers individuels le sont de bas en haut.

Selon les opérateurs, le sautage est un élément important du contrôle de la stabilité dans cette propriété. Avec l'emploi de la méthode "VRM" la compagnie utilise les paramètres de sautage suivants:

- facteur poudre: 1.0-1.5 lbs/t (0.5-0.7kb/t)
- trou de forage: 6½"Ø (16.5 cm Ø)
- patron de forage: 10' x 10'
- séquence de sautage 150 lbs max/délai (68kg)

Avec le "VRM" le temps moyen de mise en place du remblai est d'environ (1) mois après le soutirage complet du chantier. Dans le secteur du pilier de surface (ouest) où la méthode de coupe et remblai a été utilisée, le temps de mise en place était similaire pour une tranche de 7 pi (2.4m) d'épaisseur, 30 pi (9m) de largeur et 400-500 pi (122-152m) de longueur.

8.7 SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT

.Soutènement primaire

La stabilité générale de la mine est assurée par l'abandon de piliers de sole, de 30 pi (9m) d'épaisseur à tous les 150 pi (46m) verticaux. Aucun pilier transversal n'est laissé entre les chantiers. Ainsi dans la partie ouest de la mine, plus de 2800 pi (853m) d'ouverture ont été percés sans qu'il n'y ait de "rib pillar" (voir figure 8.6).

.Remblayage et renforcement

La compagnie utilise depuis les débuts de l'opération des boulons conventionnels de 6 ou 8 pi (1,8 ou 2,4m) de longueur, selon la condition du terrain. Il n'y a pas de standard fixe dans ce cas; l'objectif du boulonnage étant de prévenir la chute de blocs. Avec l'introduction de la méthode de minage "VRM", les opérateurs utilisent des boulons "swellex" sur patron de 4 x 4 pi (1,2 x 1,2m) au toit de la galerie de forage ("top sill ou overcut drift"). Ils jugent ces boulons plus résistants aux vibrations produites par les sautages répétés. Dans les endroits où la péridotite est plus cisaillée, les opérateurs utilisent des boulons de 16 à 21 pi (4,9 à 6,4m) de long ou des "swellex" de 16 pi (4,9m).

Dans l'ensemble des chantiers, on utilise du remblai hydraulique non cimenté, composé de rejets classifiés. Le taux de transport de la pulpe est de 300 (I)GPM (23 l/s). Ce type de remblai est utilisé dans tous les chantiers minés par coupe et remblai.

Pour les chantiers minés par "VRM", l'on utilise un remblai consolidé à 65% solide, composé de rejets classifiés et de sable dans un rapport poids respectif de 60/40. Le fond des chantiers est rempli avec un produit dont le rapport ciment/remblai est de 1:10; le reste du chantier avec une proportion de 1:30.

La capacité de ce système de remblayage est de 1000 GPM (76 l/s). La compagnie utilise les tours de décantation classiques pour décanter l'eau des chantiers minés par coupe et remblai et un système de drains pour les chantiers "VRM". Les caractéristiques du remblai consolidé sont les suivantes:

densité :	3.02
résistance en compression (1:10)	90 psi (0,62 MPa)
résistance en compression (1:30)	20 psi (0,14 MPa)

Aucune valeur n'était disponible pour le remblai non-consolidé.

Notons enfin que la compagnie vérifie systématiquement le coupe de serrage de 10% du total des boulons conventionnels installés et effectue des essais de traction sur également 10% des boulons de type "swellex". Les résultats de ces derniers essais donnent des valeurs de 11 tonnes et plus.

8.8 PROGRAMMES DE SURVEILLANCE

.Mesure des contraintes

Aucune mesure de ce type n'a été faite à cette mine.

.Mesure des déplacements

A ce jour aucune mesure n'a été effectuée. La compagnie a cependant l'intention d'instrumenter certains chantiers de la zone inférieure de la mine.

. Autres programmes

La stabilité d'ensemble du pilier de surface peut être appréciée en parcourant la galerie du niveau 400 située à sa base. Il n'y a pas de tournée d'inspection cédulée dans ce secteur mais plusieurs équipes de travail empruntent cette galerie; ils peuvent donc en vérifier l'état de façon périodique.

8.9 CONCEPTION DES PILIERS DE SURFACE

.Personnel impliqué

Pour la conception d'un élément aussi important que le pilier de surface, tous les intervenants illustrés à la figure 8.8 sont impliqués dans le processus décisionnel.

.Etapes chronologiques

Les dimensions du pilier de surface n'ont pas été changées depuis le début des opérations.

.Facteurs de conception

La décision de fixer le niveau supérieur du minage à 400 pi (122m) sous la surface (laissant un pilier minimal de 240 pi (73m) sous le lac) est basée sur une approche sécuritaire et conservatrice. Nous n'avons pu retracer d'étude ou de mémos internes sur ces sujets précis. Toutefois, la compagnie avait une expérience diversifiée du minage de d'autres propriétés. Après discussion avec le personnel en place actuellement, il semble que la faible compétence de la péridotite ait été reconnue très tôt et que, par manque de données précises sur le comportement du terrain, les autorités aient préféré conserver un pilier de surface important.

Présentement, les conditions économiques ne justifient pas les efforts nécessaires pour miner partiellement ou totalement cette zone.

ORGANIZATION CHART - PILLARS DESIGN
ORGANIGRAMME - CONCEPTION DES PILIERS

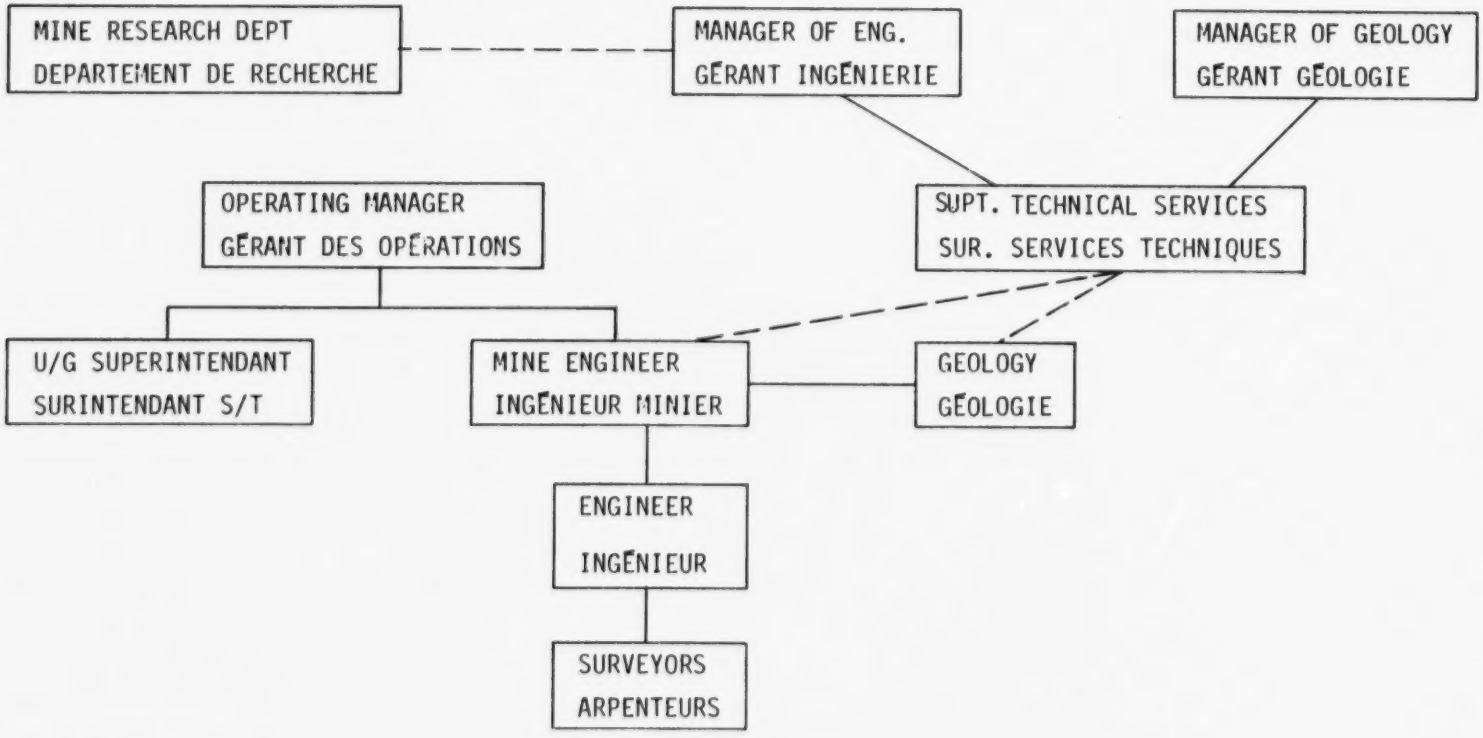


Figure 8.8

.Dimensions des piliers

Le pilier de surface du secteur ouest de cette mine peut être divisé en deux, tel qu'illustré à la figure 8.6. Dans le tableau 8.1 nous avons utilisé les valeurs minimales de l'épaisseur du pilier et maximales des largeurs de chantiers de façon à obtenir une variation du rapport hauteur/largeur.

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 8.1
TABLEAU 8.1

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#1	#2						
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	25 (7,6)	25 (7,6)						
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	0-110 (0-34)	40-110 (12-34)						
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS (MIN.) EPAISSEUR	feet-pi. (m)	380 (116)	240 (73)						
- WIDTH (MAX.) LARGEUR	feet-pi. (m)	50 (15)	50 (15)						
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	690 (210)	1780 (542)						
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		7.6	4.8						
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)	250 (76)	140 (43)						
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI	feet-pi. (m)	250 (76)	140 (43)						

8.10 EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE

Le toit des chantiers (remblayés) supérieurs de la mine n'étant plus accessible, nous avons parcouru la galerie du niveau 400 située immédiatement au-dessus (≈25pi ou 7,6m) tel qu'illustré à la figure 8.2

Cette galerie traverse toutes les formations décrites au chapitre de la géologie. Ainsi la qualité du massif varie de très bonne (RQD = 80%) à faible (RQD = 30%). Il n'y a pas de signes permettant de croire que les contraintes tectoniques sont importantes dans ce secteur. Le massif est suffisamment fracturé pour postuler que la stabilité est liée à un contrôle structural.

Localement, nous avons constaté la présence de filets d'eau le long de fractures striées à l'intérieur de la péridotite. La zone minéralisée est beaucoup plus compétente que les épontes et il n'y a aucun signe de subsidence dans la galerie.

Le rôle du remblai est vital dans cette opération puisqu'il prévient efficacement l'écaillage des épontes de faible compétence, évitant ainsi une détérioration progressive des murs des chantiers.

8.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

La direction est beaucoup plus concernée par la présence d'eau que par la possibilité d'un effondrement de roche, quoique les deux soient liés entre eux.

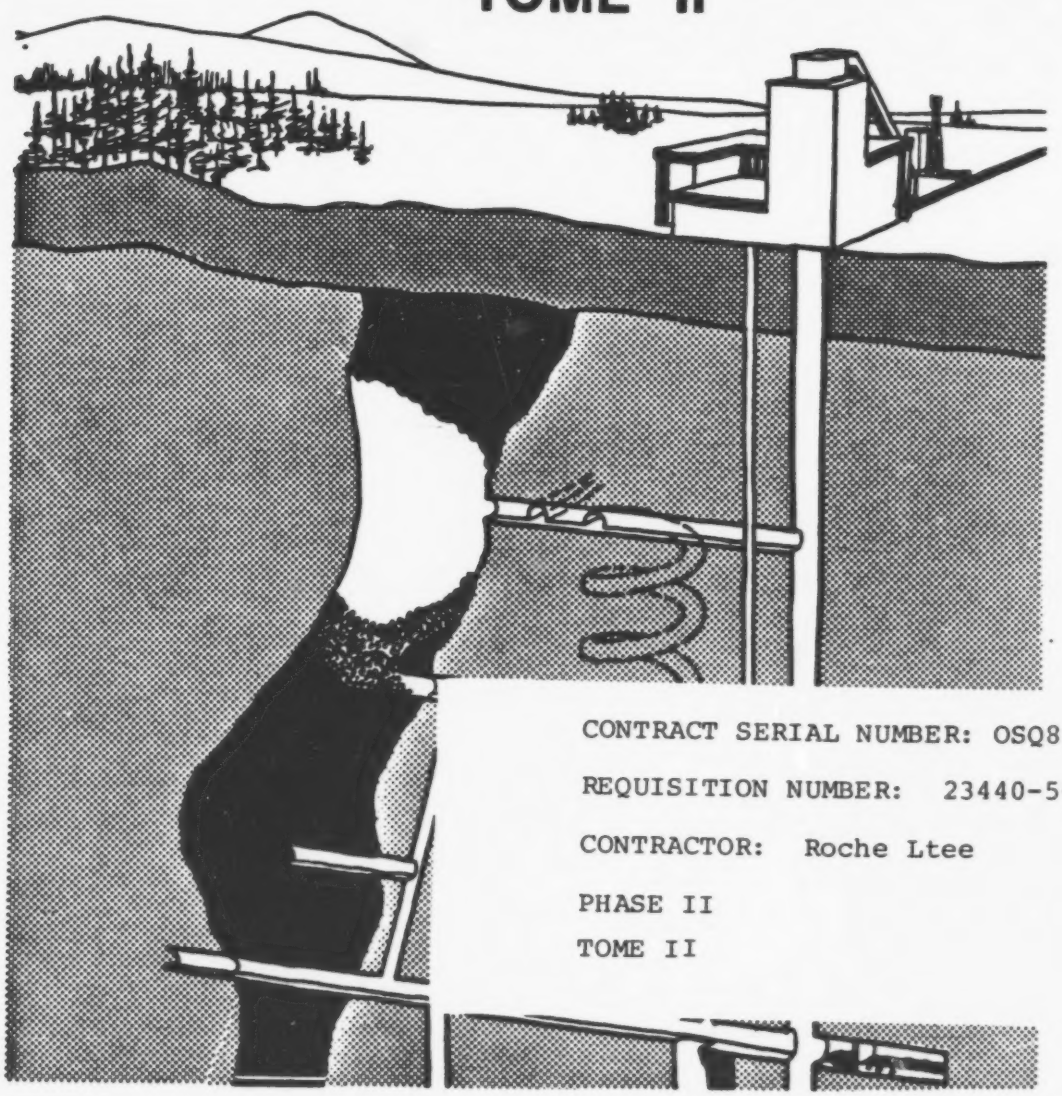
L'on nous dit qu'en général les ingénieurs manquent d'outils tels que des histoires de cas. La notion de risques mériterait d'être développée. Ainsi quel est le montant de risque acceptable pour un opérateur de mine souterraine? L'on aimerait travailler avec des facteurs de sécurité. Ainsi l'on sait que ce pilier de 240 pi (73m) est parfaitement stable mais l'on ne connait pas quel serait son épaisseur optimale.

Energy, Mines and Resources Canada
Research and Technology

Énergie, Mines et Ressources Canada
Recherche et Technologie

PILIERS DE SURFACE - PHASE II

TOME II



CONTRACT SERIAL NUMBER: OSQ85-00003

REQUISITION NUMBER: 23440-5-9014

CONTRACTOR: Roche Ltee

PHASE II

TOME II

ROCHE MINES Ltée Groupe-conseil

269 pp

RAPPORT FINAL

AUG 15 1988

MICROMEDIA

TABLE DES MATIERES

TOME 1

PAGE

0.0 INTRODUCTION..... i

0.1 MÉTHODOLOGIE iv

0.2 DONNÉES GÉNÉRALES SUR LES MINES VISITÉES..... viii

0.3 PERSONNEL IMPLIQUÉ DANS LA CONCEPTION..... xii

0.4 APPROCHE ET CRITÈRES DE CONCEPTION..... xiii

0.5 GÉOMÉTRIE DES PILIERS xviii

0.6 DISCUSSION ET CONCLUSION..... xxii

ANNEXE : RAPPORTS DE VISITE 1

TOME 2

ANNEXE : RAPPORTS DE VISITE (suite)..... 239

MINE # 9

TABLE DES MATIERES

		PAGE
9.0	RESUME DE LA VISITE	239
9.1	INFORMATIONS GENERALES	241
	. Géologie régionale	
	. Géologie locale	
	. Caractéristiques du gisement	
9.2	ENVIRONNEMENT MINIER	248
9.3	MORTS-TERRAINS	249
	. Etudes et travaux	
	. Stratigraphie et caractéristiques	
9.4	MASSIF ROCHEUX	252
	. Nature des roches	
	. Géologie structurale	
	. Caractéristiques	
9.5	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	254
	. Morts-terrains	
	. Massif rocheux	
9.6	OPERATIONS MINIERES	256
	. Méthode(s) d'exploitation	
	. Conditions d'opération	
9.7	SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT	257
	. Soutènement primaire	
	. Remblayage et renforcement	
9.8	PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE	259
	. Mesure des contraintes	
	. Mesure des déplacements	
	. Autres programmes	
9.9	CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	260
	. Personnel impliqué	
	. Etapes chronologiques	
	. Facteurs de conception	
	. Dimensions des piliers	
9.10	EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	273
9.11	COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	274

9.0 RÉSUMÉ DE LA VISITE

Quoique cette propriété ne pouvait nous fournir beaucoup de détails quantitatifs en rapport avec la conception des piliers de surface, elle est située dans un contexte intéressant au point de vue géologique et minier. Près de la surface, dans le secteur ouest de la propriété, la minéralisation est de type lentille filonienne alors que dans le secteur est l'on a plutôt affaire à un amas minéralisé.

Le gisement plonge à 40-45° sous une zone marécageuse contenant un aquifère relativement de faible capacité situé au contact du roc. La couche d'argile imperméable située au-dessus de l'aquifère limite l'infiltration de l'eau de surface et minimise l'influence de celle-ci sur les opérations.

Les chantiers supérieurs de la mine ont été exploités sans problème depuis plus de 50 ans. Minés par la méthode de chambre-magasin, les chantiers ont été laissés ouverts durant plusieurs années avant d'être remblayés avec soit du sable/gravier soit de la roche. La stabilité générale était alors assurée par l'abandon de piliers transversaux (rib pillar) de 40 pi (12 m) d'épaisseur, espacés en moyenne de 100 pi (30 m).

Aucun "design" proprement dit des piliers de surface n'a été fait puisque le minage atteignait la limite supérieure de la minéralisation, laissant des piliers variant de 55 à 325 pi. d'épaisseur (17 à 99 m) d'épaisseur.

Les opérateurs rencontrés ne rapportent aucun signe apparent de subsidence en surface de même qu'aucune détérioration des piliers transversaux dans la partie supérieure de la mine. Même si ailleurs la récupération des piliers est très avancée, dans cette partie du dépôt l'extraction des piliers vient tout juste de débuter. Ce cas sera donc intéressant à surveiller dans un avenir proche.

9.1 INFORMATIONS GÉNÉRALES

. Géologie régionale

La propriété est située sur le versant nord du bassin de Sudbury. Les formations sont généralement orientées dans la direction N-E et montrent un pendage d'environ 40° vers le centre du bassin. Mises à part les multiples formations du centre, trois couches de roches ignées se retrouvent au pourtour du bassin, regroupées sous le nom général de complexe igné de Sudbury. Cette bande de roches d'environ 4 km d'épaisseur est subdivisée du centre vers l'extérieur de la façon suivante:

Zone supérieure 1.7 mi (2.8 km) granophyse)
Zone intermédiaire 0.36 mi (0.6 km) (quartz gabbro)
Zone inférieure 0.36 mi (0.6 km) (norite felsique et mafique)

Les effets du tectonisme sont évidents dans l'ensemble de cette bande de roches volcaniques; plusieurs failles majeures ont été cartographiées tant à l'échelle régionale que locale et de nombreuses études traitent des mécanismes de déformation impliqués. La figure 9.1 représente schématiquement la région décrite plus avant. Le lecteur désireux de se documenter plus à fond sur la structure géologique du bassin de Sudbury pourra consulter la référence suivante:

"The Geology and ore deposits of the Sudbury structure"
Ontario Geological Survey, Special volume 1
ISBN 0-7743-9423-4
1984

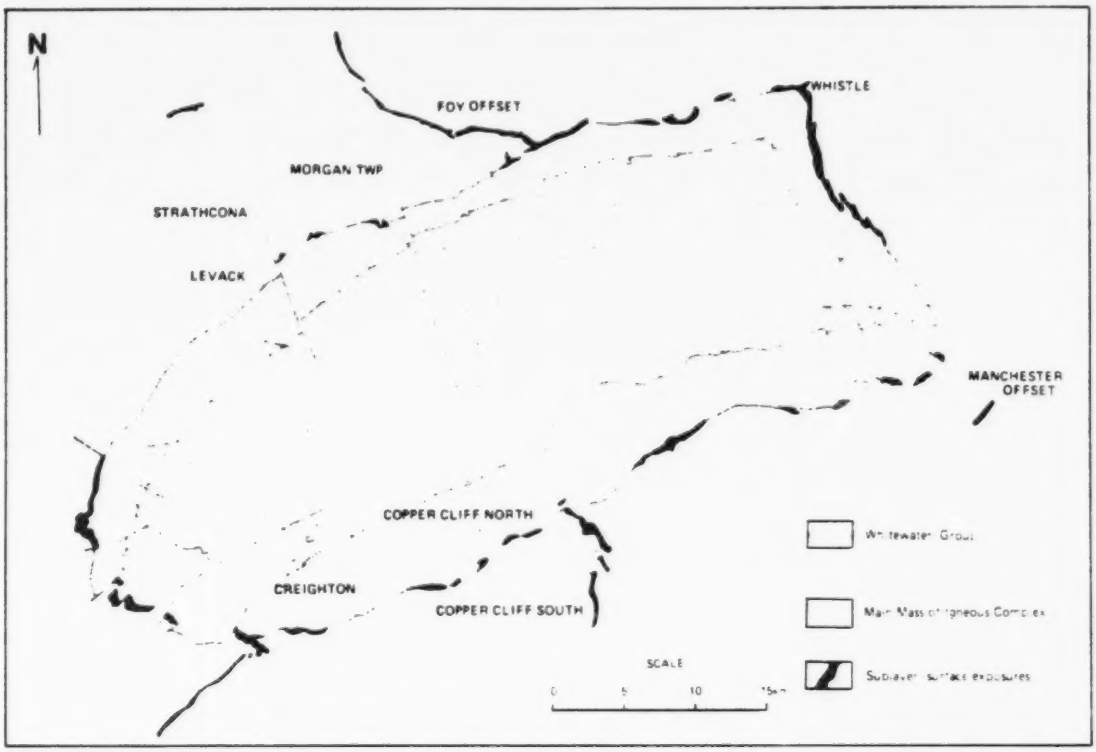


Fig. 9 .1 Sketch map of the Sudbury igneous complex showing the distribution of the contact sublayer.

Carte du complexe igné de Sudbury illustrant la distribution des contacts des couches inférieures.

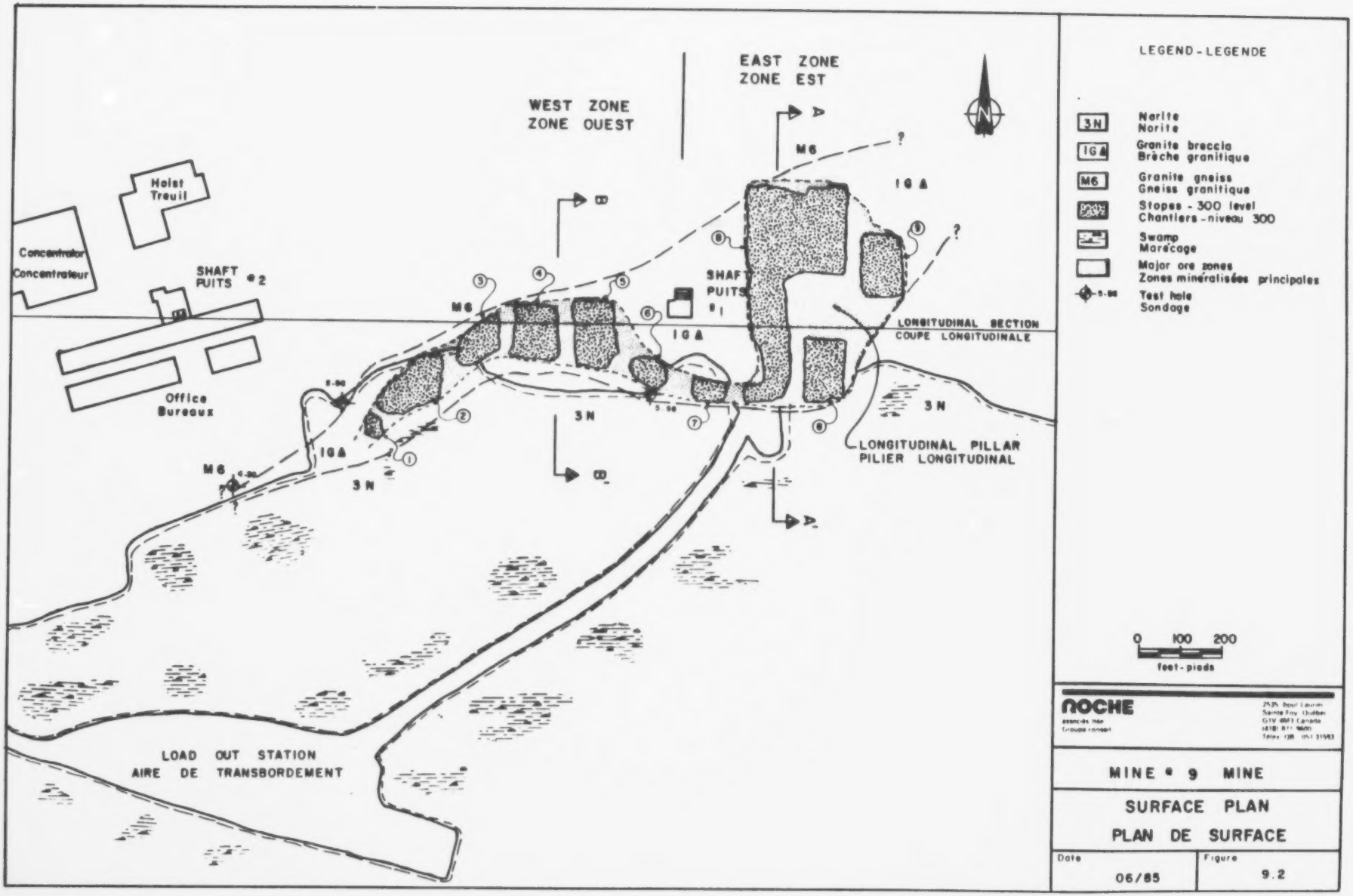
Cet ouvrage décrit en détails, tant la géologie que la structure de ce bassin.

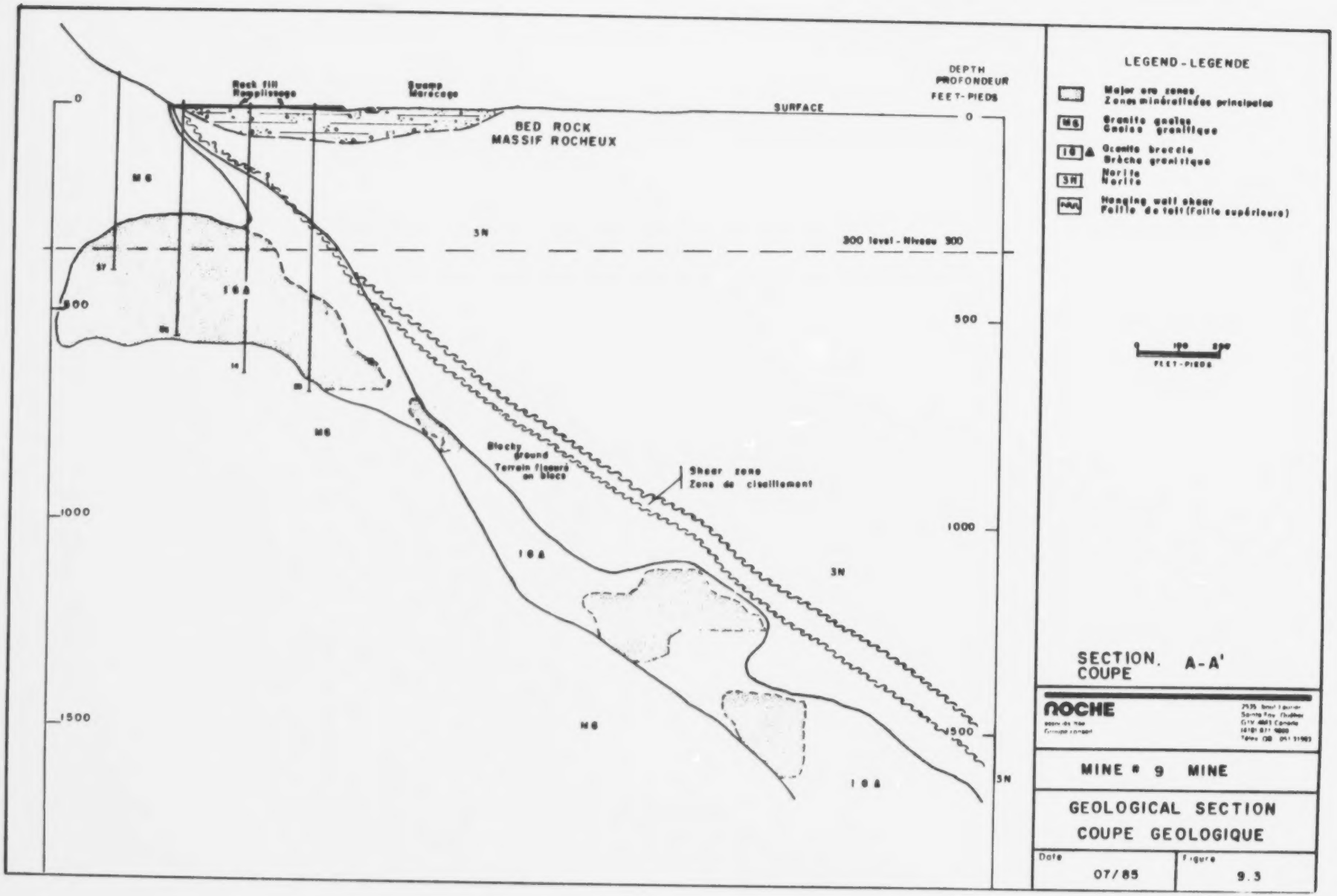
. Géologie locale

Tel que représenté sur les figures 9.2, 9.3 et 9.4, la mine est située au contact entre la partie inférieure du complexe du bassin de Sudbury (composée de norite) et les unités régionales composées de roches ignées d'âge archéen. Au voisinage immédiat de la propriété, l'on retrouve dans l'éponte inférieure un gneiss granitique sur lequel se superposent une brèche granitique porteuse de la minéralisation et la norite constituant l'éponte supérieure du gisement.

Une zone de cisaillement majeure, toutefois non reconnue sur la totalité des niveaux supérieurs de la mine, recoupe la norite à une distance variant de 0 à 150 pi (46 m) du contact brèche/norite. Cette zone doit être retenue comme un élément important à considérer au niveau de la stabilité des excavations souterraines.

Notons enfin que les unités de l'éponte inférieure ont subi un métamorphisme de contact dont l'auréole peut atteindre jusqu'à 1 km de distance. Il est reconnu que dans le secteur de la propriété étudiée, les zones de brèche granitique sont associées à un haut degré de métamorphisme donc, situées au contact de la norite. Par contre, dans ce même secteur, en dehors de la zone de brèche, l'éponte inférieure est moins perturbée qu'ailleurs autour du bassin. La roche présente des évidences d'une granitisation tardive.


EAST ZONE
ZONE EST
WEST ZONE
ZONE OUEST
Hoist
Treuil
Concentrator
Concentrateur
SHAFT
PUITS # 2
SHAFT
PUITS #1
Office
Bureaux
M6
IGA
3N
LONGITUDINAL SECTION
COUPE LONGITUDINALE
LONGITUDINAL PILLAR
PILIER LONGITUDINAL
LOAD OUT STATION
AIRE DE TRANSBORDEMENT
LEGEND - LEGENDE
Norite
Norite
Granite breccia
Brèche granitique
Granite gneiss
Gneiss granitique
Stopes - 300 level
Chantiers - niveau 300
Swamp
Marécage
Major ore zones
Zones minéralisées principales
Test hole
Sondage
0 100 200
feet - pieds
NOCHE
MINE # 9 MINE
SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE
Date
06/85
Figure
9.2



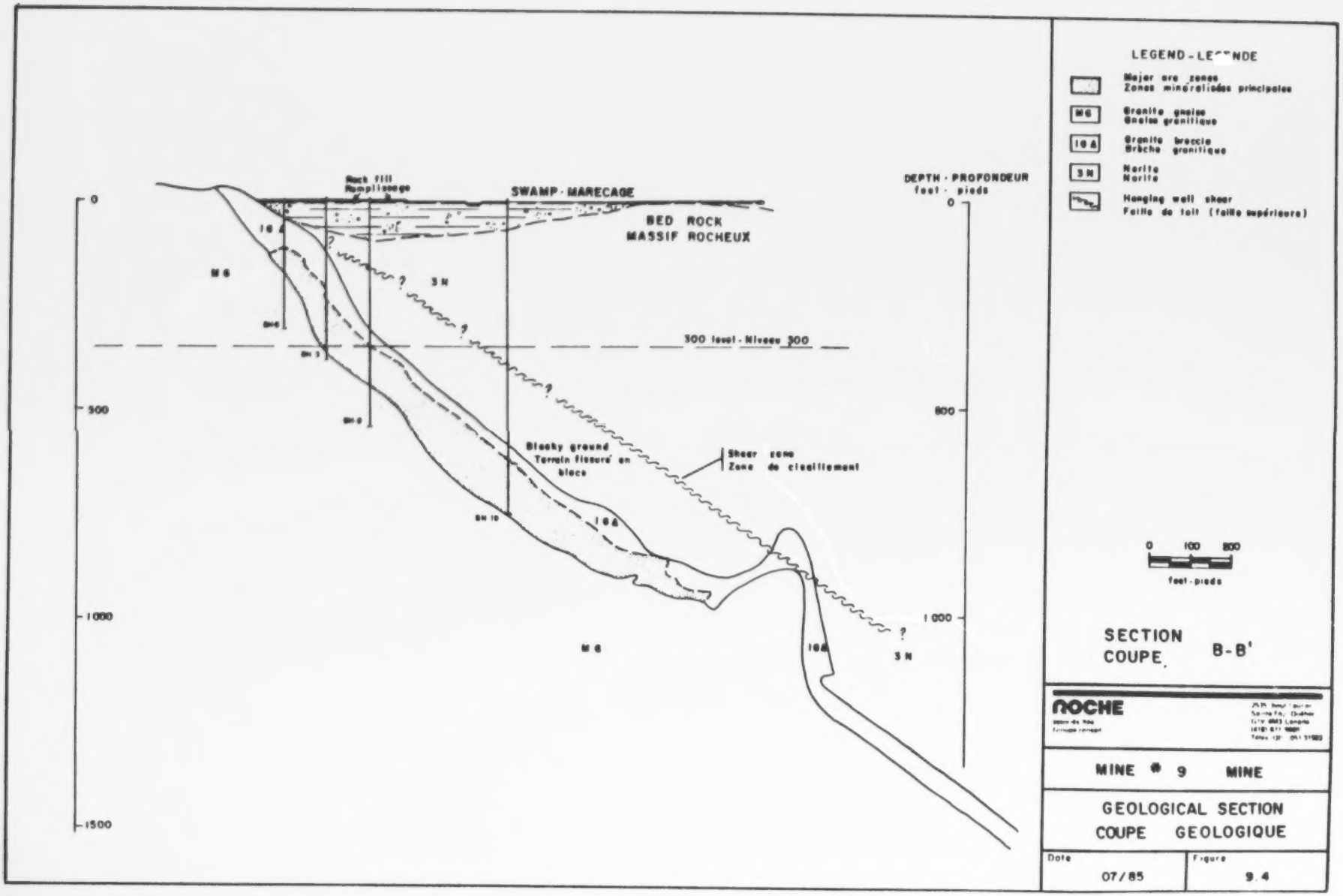
SECTION. A-A'
COUPE

NOCHE

MINE # 9 MINE

GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE

Date	Figure
07/85	9.3


Rock fill
Remplissage
SWAMP - MARECAGE
BED ROCK
MASSIF ROCHEUX
DEPTH - PROFONDEUR
feet - pieds
0
300
1000
1500
800
1 000
300 level - Niveau 300
MG
3N
10A
Blocky ground
Terrain fissuré en blocs
Shear zone
Zone de cisaillement
SN 10
LEGEND - LEGENDE
Major ore zones
Zones minéralisées principales
Granite gneiss
Gneiss granitique
Granite breccia
Brèche granitique
Norite
Norite
Hanging wall shear
Faille de toit (faille supérieure)
0 100 200
feet - pieds
SECTION
COUPE B-B'
NOCHE
MINE # 9 MINE
GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE
Date
07/85
Figure
9.4

. Caractéristiques du gisement

La propriété est constituée de quatre (4) zones minéralisées distinctes. Nous nous intéressons cependant à la zone principale qui atteint la surface et contient les piliers de surface. La minéralisation apparaît sous forme de sulfures massifs répartis à l'intérieur de la brèche granitique et sous la forme de veines dans les roches de l'éponte inférieure.

Selon les commentaires du personnel de la mine, le dépôt métallique origine de l'intrusion (à travers la brèche) de roches acides riches en nickel et cuivre.

Près de la surface, tel qu'il apparaît sur les figures 9.2, 9.3,et 9.4, la partie ouest de la mine diffère considérablement du secteur est. De ce côté la zone minéralisée forme une poche d'environ 700 pi x 450 pi (210 x 135m) vue en plan par 300 pi (90m) de hauteur avant de plonger (pendage) à 40°S. La partie ouest pour sa part, a une puissance de 50 à 100 pi sur toute sa longueur et montre un pendage également de 40-45°S. Les deux zones se rejoignent au 3ième niveau et se prologent jusqu'à environ 3 600 pi (1 097m) sous la surface.

La propriété est en opération depuis 1913 et le tonnage journalier est actuellement de 4000t/jour.

9.2 ENVIRONNEMENT MINIER

Le dépôt principal plonge sous une région marécageuse composée de 45 à 70 pi (13,5 à 21m) de morts-terrains variés. Les installations principales sont toutes situées dans l'éponte inférieure du gisement à plus de 500 pi (150m) des zones d'exploitation, région où le roc est compétent.

Même si les chantiers supérieurs ont été minés depuis plus de 50 ans AUCUN SIGNE DE SUBSIDENCE n'a été noté en surface. Le parc à résidus utilisé autrefois par la compagnie est situé à environ 1 mille (1,6km) du dépôt; aujourd'hui tout le minerai extrait de la propriété est traité à l'extérieur.

A proximité des chantiers supérieurs de la mine il n'y a donc aucun matériel susceptible d'influencer de façon importante le design des piliers de surface. Le seul point d'intérêt demeure la présence du terrain marécageux alimenté par un ruisseau naturel.

9.3 MORTS-TERRAINS

. Études et travaux

En 1956, une étude préliminaire a été menée afin de déterminer la possibilité d'assécher la zone marécageuse. Cinq (5) trous de sondages de 10 po (25cm) de diamètre ont été forés jusqu'au contact avec le roc et des échantillons ont été prélevés le long de la colonne stratigraphique. Nous n'avons malheureusement pas de données sur les sols rencontrés, sauf une description visuelle des matériaux.

Ajoutés à ces cinq trous, les forages au diamant des campagnes d'exploitation ont permis de déterminer approximativement le profil du roc tel qu'il apparaît sur les coupes transversales 9.3 et 9.4. Selon les autorités de la mine, la majeure partie du mort-terrain est composée d'argile raide imperméable, superposant un horizon de sable et gravier.

Il s'agit probablement de la seule étude faite sur le mort-terrain dans ce secteur de la propriété. Notons enfin que quelques pieds de remplissage ont permis à la compagnie de construire des zones d'entreposage ou de stationnement au-dessus du terrain marécageux; toutefois ces matériaux additionnels ont peu modifié les conditions originales et leur importance est très minime.

. Stratigraphie et caractéristiques

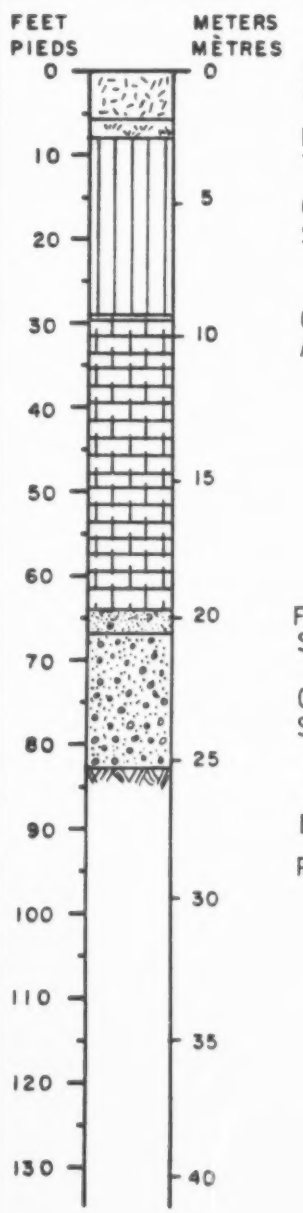
La figure 9.5 donne un aperçu de la colonne stratigraphique à l'aplomb du gisement principal. On comprendra que le gisement est situé en bordure d'une vallée dont le fond a été recouvert de dépôts glaciaires. Il s'agit d'une séquence stratigraphique typique avec présence de sable/gravier/argile au contact avec le roc, auxquels se superposent de l'argile/argile silteuse suivi de silt/-sable et tourbe en surface.

Toutefois, la couche de sable et gravier n'a pas été reconnue dans les cinq (5) sondages. Il semble que seuls les deux trous situés le plus vers le centre de la zone marécageuse (fond du bassin) ont traversé cette formation. Ces trous sont représentés sur le plan de surface et portent les numéros 4 et 5.

Il y a une possibilité que ces sols s'écoulent, dépendamment des dimensions d'une percée de la calotte rocheuse. Cette possibilité est par contre, il faut bien le souligner, assez improbable. La résistance de l'argile raide est un facteur important qui influence la stabilité de ces sols.

Depuis plus de 20 ans que les chantiers supérieurs ont été minés et remblayés et la zone marécageuse est demeurée inchangée depuis les débuts.

SOIL STRATIGRAPHY
STRATIGRAPHIE DU SOL



Rock fill
Remplissage

Muskeg
Tourbe

Grey silt
Silt gris

Grey silty clay
Argile silteuse grise

Fine sand and gravel
Sable fin et gravier

Coarse sand and gravel
Sable grossier et gravier

Bedrock
Roc

NOTE : from hole # 4-56
du trou " "

ROCHE
associés ltée
Groupe-conseil
2535, boul Laurier
Sainte-Foy, Québec
G1V 4M3 Canada
(418) 871 9600
Télex QBC 051 31593

MINE # 9 MINE	Date 07/85	Figure 9.5

9.4 MASSIF ROCHEUX

. Nature des roches

Mise à part l'identification des principales formations déjà décrites à la section traitant de la géologie, aucune autre donnée sur la nature des roches n'était disponible.

. Géologie structurale

Aucune donnée n'était disponible à la mine, toutefois des publications sur cette région mentionne que l'orientation de la foliation est NE-SW et montre un pendage à environ 45°SE, ce qui correspond à l'orientation de l'axe longitudinal du gisement ainsi qu'à son pendage moyen.

. Caractéristiques

Aucune donnée factuelle n'était disponible au site. Il est par ailleurs admis que la norite constituant l'éponte supérieure est relativement de bonne compétence. Plusieurs auteurs ont défini les caractéristiques de la norite de la façon suivante:

densité	:	3.0
résistance en compression	:	27.5×10^3 psi (190 MPa)
rapport de Poisson	:	0.17-0.20
module de Young	:	$7.0\text{-}9.0 \times 10^6$psi (48 - 62 GPa)

L'éponte inférieure ayant subi une granitisation, est également de bonne compétence. La stabilité des excavations est donc directement reliée à la zone de brèche granitique et la zone d'influence de la faille, toute deux situées dans l'éponte supérieure du gisement.

9.5 CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES

. Mort-terrain

Les sondages géotechniques déjà décrits au chapitre précédent ont permis de réaliser deux essais de pompage. Ces essais permettent de conclure que la couche de sable et gravier située au contact avec le roc transporte l'eau qui semble confinée par les argiles et silts de très faible perméabilité. L'étude conclue qu'il est possible de pomper cette zone graveleuse car il apparaît, en première analyse, que la capacité de ce "réservoir" est relativement faible de même que sa recharge. Les essais de pompage effectués durant environ douze (12) heures ont premis de rabattre la table d'eau dans l'un des trous de sondage de 5 pi à 60.5 pi (1,5 à 18m) en pompant à un taux de 183 (I)GPM (14 l/s). La remontée du niveau piézométrique était lente, passant de 19.5 pi à 6.7 pi (6 à 2 m) sous la surface du terrain en trente-et-une (31) heures, ce qui explique les conclusions pré-citées.

Évidemment, la quantité totale d'eau disponible instantanément est considérable si le mort-terrain est laissé tel quel. Par contre, en condition normale d'opération la mine ne connaît pas de problème sérieux d'eau dans les chantiers souterrains. Il s'agit d'un cas où la nappe d'eau est perchée au-dessus d'une couche d'argile varvée et de silt imperméables; il y a très peu d'infiltration des eaux de surface.

. Massif rocheux

Le massif rocheux n'a pas été évalué au point de vue perméabilité. La norite qui dans l'ensemble forme le fond de la zone marécageuse, est peu fracturée: en conséquence l'infiltration d'eau dans la mine est minime. Au total 280 (I) GPM (21 l/s) sont pompées des chantiers, ce qui incluent l'eau provenant du remblayage hydraulique; nous ne savons pas toutefois le pourcentage relatif de chacune des deux sources d'eau.

Les opérateurs nous ont indiqué qu'aucune mesure spéciale n'a été prise pour soit drainer la zone marécageuse, soit contrôler l'eau d'infiltration dans la roche. Ils utilisent un système standard de pompage avec fossés et bassin de sédimentation.

9.6 OPÉRATIONS MINIÈRES

. Méthodes d'exploitation

Depuis 1930 les méthodes d'exploitation ont suivi l'évolution suivante, pour se répartir selon les pourcentages indiqués:

. chambre-magasin (au début de l'exploitation)	0%
. sous-cavage et remblayage	25%
. coupe et remblai	13%
. "VRM" (pour la récupération des piliers)	62%

Les niveaux supérieurs de la mine, immédiatement sous-jacents au pilier de surface ont été exploités par chambre-magasin, remblayés soit avec de la roche en vrac soit avec du sable et gravier naturels. Les chantiers avaient une longueur moyenne de 100pi (30m) séparés par des piliers transversaux de 40 pi (12m). La puissance moyenne de la partie ouest du dépôt était de 70 pi (21m) alors que le secteur "est" présente une géométrie beaucoup plus massive. Les sous-niveaux étaient établis à 120 pi (37 m) de hauteur.

. Conditions d'opération

En général, l'extraction a été effectuée du haut du gisement vers le bas. A l'intérieur des chantiers, sauf pour les cas où la technique de sous-cavage est utilisée, le minage se fait de bas en haut. Les méthodes employées assurent une récupération de 71 à 72% du minerai. Éventuellement, les opérateurs espèrent extraire les piliers pour ainsi atteindre 95% de récupération.

9.7 SOUTÈNEMENT ET MÉTHODES DE RENFORCEMENT

. Soutènement primaire

Dans la partie supérieure et la portion ouest de la mine, le long de l'axe longitudinal du gisement, des piliers transversaux (rib) de 40 pi (12m) de largeur étaient laissés comme support primaire. Dans le secteur est, les piliers étaient plus irréguliers tel que représenté à la figure 9.2. Il semble que les chantiers de ce secteur aient été laissés ouverts durant plusieurs années avant d'être remblayés; ce qui tend à indiquer que les piliers étaient adéquats. Ceux-ci ont supporté le poids de l'éponte supérieure et résisté aux contraintes tectoniques horizontales, jusqu'au pilier de sole situé à environ 620 pi (189m) sous la surface. En profondeur, les piliers originaux ont été presque tous récupérés à ce jour.

. Remblayage et renforcement

Toujours exception faite de la partie supérieure de la mine, de la surface à 620 pi (189m), tous les chantiers sont remblayés hydrauliquement avec un sable cimenté dans le rapport de 1:25. Le taux de remblayage est d'environ 500t par jour.

Localement, le support des murs et du toit est assuré à 82% par des boulons conventionnels de 5 pi (1,5m) et 8 pi (2,4m), à 10% par des tiges d'acier avec résine, à 4% par des "split set" de 6 pi (1,8m) et à 4% par des boulons "swellex". Les trois (3) dernières catégories

sont utilisées pour des travaux spéciaux tels que pour le support du grillage contre le remblayage hydraulique (dans le cas de la récupération des piliers), pour assurer la permanence de galeries d'accès ou de points de soutirage.

Environ 10% des boulons sont vérifiés à l'aide d'une clef dynamométrique par une personne désignée afin de s'assurer d'une tension de serrage d'au-moins 125 lbs-pi (169 N-m).

9.8 PROGRAMME DE SURVEILLANCE

. Mesures des contraintes

Ne s'applique pas dans ce cas

. Mesures des déplacements

Ne s'applique pas dans ce cas

. Autres programmes

Cette opération connaît peu de problème au niveau de la zone des piliers de surface. C'est pourquoi il n'existe pas de programme de surveillance au niveau des piliers de surface.

Par ailleurs, la particularité la plus importante de cette opération réside dans l'effondrement progressif qui est survenu au toit d'un chantier du 11ème niveau. Ce genre d'effondrement est appelé en anglais "piping effect". Il consiste en l'effritement progressif de la roche solide qui tombe alors dans le chantier sous-jacent. Les mécanismes impliqués sont encore aujourd'hui difficiles à expliquer. Cela n'a pas affecté la zone des piliers de surface mais il est intéressant de noter que le toit de ce chantier s'est effondré sur une hauteur de plus de 600 pi (180 m) de la surface. La compagnie a utilisé du remblai, introduit à partir de deux (2) trous de surface, afin d'arrêter avec succès l'effondrement progressif du chantier. Plus tard, trois (3) forages de reconnaissance ont confirmé l'arrêt du phénomène.

9.9 CONCEPTION DU (DES) PILIER(S) DE SURFACE

. Personnel impliqué

A cette propriété, le personnel concentre ses efforts sur la récupération des piliers transversaux de l'ensemble de la mine. Peu d'attention est accordée, nous l'avons souligné, aux anciens chantiers minés au cours des années 1930-40. Toutefois, la compagnie a entrepris depuis peu le développement nécessaire à l'extraction des piliers 2, 4 et 6 de la partie supérieure de la zone est du gisement principal. Le département de l'ingénierie minière s'occupe de ce travail. Il peut s'appuyer sur le département de mécanique des roches de la compagnie qui s'occupe de plusieurs propriétés. On nous a dit que l'évaluation des effets de l'extraction de ces piliers serait étudié à court terme. Au moment de notre visite, aucune donnée n'était disponible.

. Étapes chronologiques

La compagnie n'a pas eu à concevoir comme tel les piliers de surface. Le gisement a été miné jusqu'à la limite économique supérieure du dépôt qui se situe entre 50 et 200 pi (15 et 60 m) du contact sol/roc. Par ailleurs la conception des dimensions et du nombre de piliers transversaux (rib pillar) a été déterminé selon des standards généraux. Les dimensions des piliers de surface sont fixes depuis l'époque du minage des chantiers supérieurs et ne varieront pas dans le futur.

. Facteurs de conception

A cause du pendage de ce dépôt, le toit est principalement constitué par l'éponte supérieure comme illustré aux figures 9.2 et 9.3. De ce fait, environ 40/140 (29%) de la zone minéralisée a été laissée comme piliers transversaux.

. Dimensions des piliers

La section longitudinale 9.6 illustre la répartition des chantiers. Elle indique clairement qu'il n'est pas simple de définir un pilier de surface unique, monolithique pour un tel type de dépôt. Nous avons donc reporté sur cette section, la position approximative du roc à la verticale de chacun des chantiers; ceci permet d'obtenir l'épaisseur minimale des piliers de surface. Les neuf (9) piliers correspondent donc aux toits des chantiers supérieurs de la mine. Le pilier de surface #8 constitue une particularité à cause de ses dimensions et de la présence d'un pilier longitudinal illustré à la figure 9.2.

Le tableau 9.1 résume les dimensions des piliers de surface rencontrés à cette propriété.

Comme nous l'avons déjà indiqué, cette compagnie opère plusieurs mines et un service de mécanique des roches travaille à l'échelle de toutes celles-ci.

Ainsi, nous avons discuté du cas d'une seconde opération dans laquelle un ancien pilier de surface sera fort probablement partiellement miné. L'approche suivie par

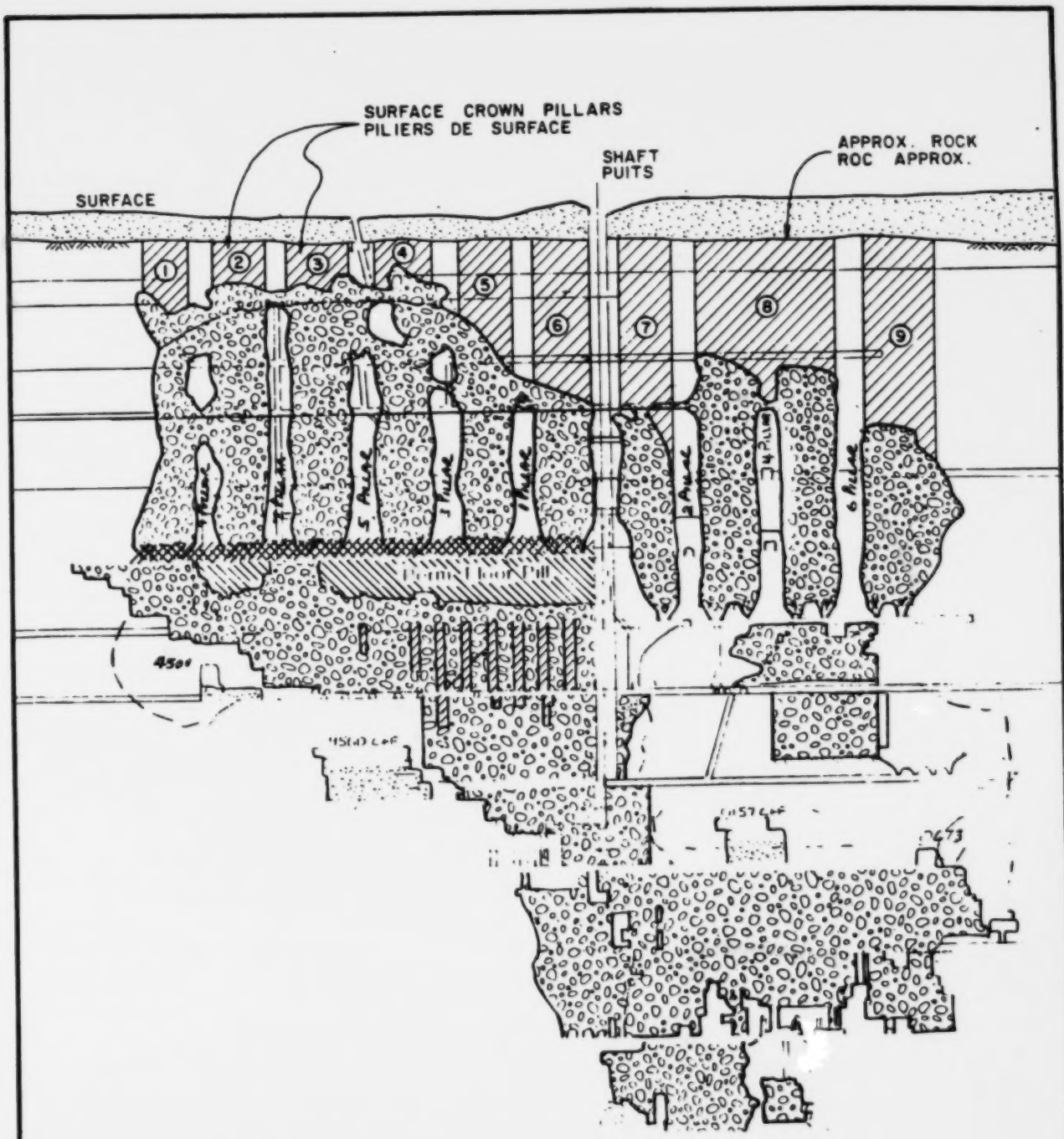


Fig. 9.6 Main orebody - longitudinal section
Gisement principal - coupe longitudinale

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 9.1
TABLEAU 9.1

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	-	-	-	-	-	-	-	-
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	45 (13.7)	45 (13.7)	45 (13.7	45 (13.7)	45 (13.7)	60 (18.3)	65 19.8)	75 (22.9)
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	110 (33.5)	70 (21.3)	65 (19.8)	55 (16.8)	175 (53.4)	270 (82.3)	285 (86.9)	220 (67.0)
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	35 (10.7)	35 (10.7)	45 (13.7)	45 (13.7)	60 (18.3)	60 (18.3)	60 (18.3)	240 (73.2)
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	50 (15.2)	100 (30.5)	140 (42.7)	80 (24.4)	60 (18.3)	95 (29.0)	80 (24.4)	520 (158.5)
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		3.1	2.0	1.4	1.2	2.9	4.5	4.8	0.9
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)	420 (128.1)	450 (137.2)	440 (134.1)	460 (140.2)	360 (109.8)	250 (76.2)	340 (103.7)	430 (131.1)
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI	feet-pi. (m)	420 (128.1)	450 (137.2)	440 (134.1)	460 (140.2)	360 (109.8)	250 (76.2)	340 (103.7)	430 (131.1)

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 9.1
TABLEAU 9.1

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#9							
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	-							
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	70 (21.3)							
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	335 (102.1)							
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	100 (30.5)							
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	150 (45.7)							
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		3.4							
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)	310 (94.5)							
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI	feet-pi. (m)								

la compagnie est la suivante:

1. Evaluation de l'état des chantiers existants, demeurés sans remblayage depuis plusieurs années, mais aujourd'hui partiellement remblayés.

2. Relevé séismique au-dessus de la future zone d'exploitation afin de confirmer la profondeur du mort-terrain. La précision requise est de ±4 pi (1.2m). L'on désire obtenir confirmation des valeurs obtenues par 2 ou 3 sondages au diamant.

3. Durant la phase de développement de la future zone d'exploitation, des forages seront exécutés à partir de la galerie d'accès, vers l'avant, les côtés et le haut, afin de détecter la présence d'aquifères.

4. Forage à partir de la galerie d'exploitation dans la zone du nouveau pilier de surface à au moins 3 endroits sur la longueur prévue du chantier, soit environ 550 pi (168m).

5. Détermination des conditions d'opération et du support requis.

6. Détermination de l'épaisseur du pilier de surface final et calcul d'un facteur de sécurité.

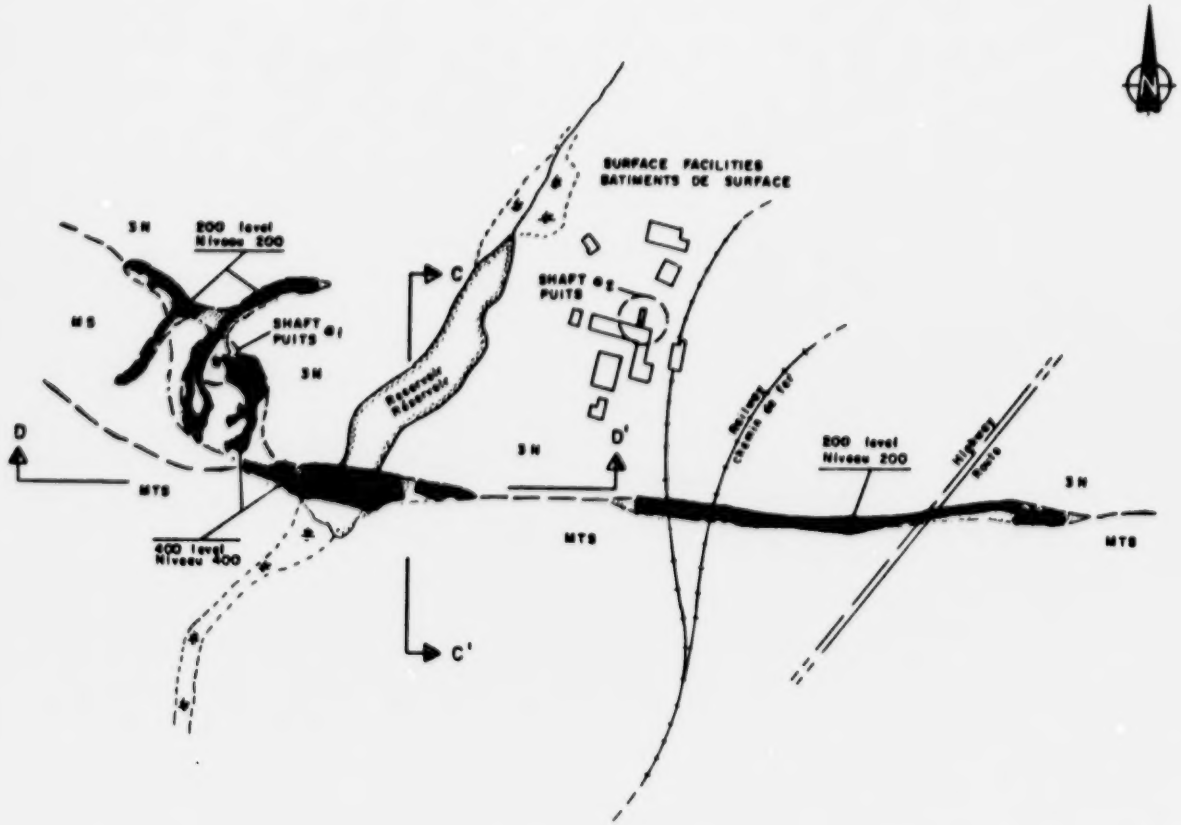
Comme l'on peut le constater, l'approche suivie par la compagnie repose à la fois sur un évaluation qualitative du massif rocheux et sur une méthode de calculs de base.

Les figures 9.7, 9.8 et 9.9 représentent ce cas type. Le pilier actuel est d'environ 400 pi (122m) d'épaisseur, 50 pi (15m) de largeur et environ 470 pi (143m) de longueur. La direction planifie d'utiliser la méthode dite "VRM" en prenant des tranches maximales de 30 pi (9.1m) de longueur; la largeur du futur chantier ne dépassant pas 50 pi (15m).

Il a été proposé de laisser un pilier de surface résiduel de 50 pi (15m) d'épaisseur. Comme la galerie de forage des longs trous sera une coupe pleine largeur du chantier, elle exposera la totalité du dessous du pilier de surface. Il est donc prévu d'utiliser des cables cimentés de 25 pi (7.6m) de longueur, sur patron de 7 pi x 7 pi (2.1m x 2.1m), afin de supporter ce "topsill". De plus, du remblai hydraulique cimenté sera utilisé. Notons enfin que l'extraction des tranches sera séquentielle, i.e. que l'on minera un (1) chantier (de 30 pi) sur deux (2), et que l'on remblaira avant de revenir miner les chantiers secondaires. Ainsi, en tout temps, l'ouverture maximale non-supportée sera de 30 pi (9.1m) de longueur et 50 pi (15m) de largeur.

La planification de l'extraction partielle de ce pilier est complétée, ou si l'on veut, supportée par le calcul d'un facteur de sécurité. Il nous apparaît intéressant de noter les étapes de calcul et les hypothèses utilisées pour obtenir ce résultat.

En premier lieu, le personnel du département de mécanique des roches a déterminé que le massif rocheux est de bonne compétence (expérience du minage dans cette propriété, RQD de 60 à 70%, résistance en compression de la roche intacte d'environ 20,000 psi (138 MPa).



LEGEND - LEGENDE

- SN — Norite / Norite
- MS — Gneiss / Gneiss
- MTS — Metasediment / Metasédiment
- Ore zone / Zone minéralisée
- Stope / Chantier
- Geological contact / Contact géologique

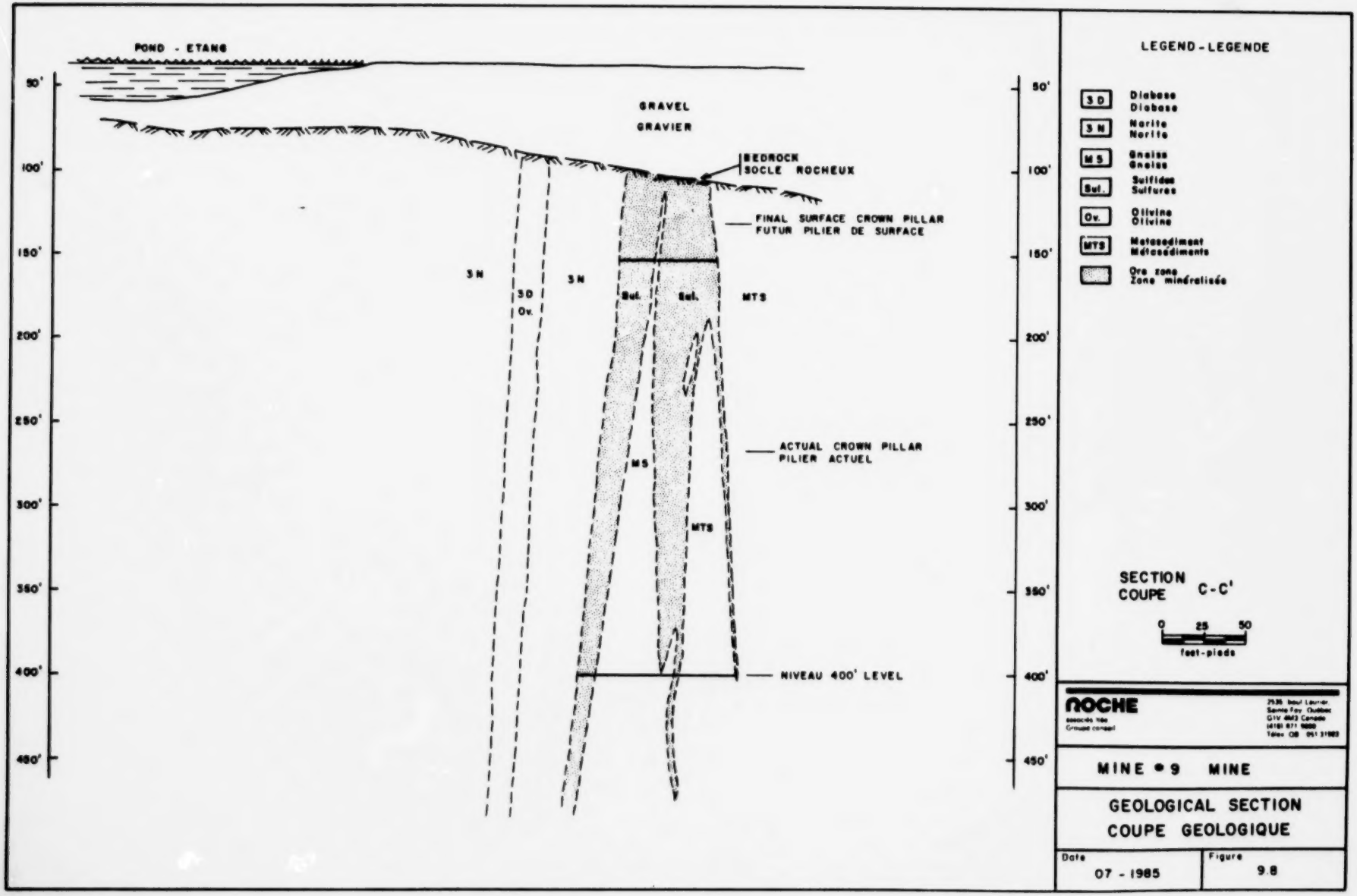
0 200 400
feet - pieds

NOCHE

MINE #9 MINE

SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE

Date	Figure
07/85	9.7


POND - ETANG
GRAVEL
GRAVIER
BEDROCK
SOCLE ROCHEUX
FINAL SURFACE CROWN PILLAR
FUTUR PILIER DE SURFACE
ACTUAL CROWN PILLAR
PILIER ACTUEL
NIVEAU 400' LEVEL
3N
3D
Ov.
Sul.
MTS
MS
50'
100'
150'
200'
250'
300'
350'
400'
450'
LEGEND - LEGENDE
3D Diabase Diabase
3N Norite Norite
MS Gneiss Gneiss
Sul. Sulfides Sulfures
Ov. Olivine Olivine
MTS Metasediment Métasédiments
Ore zone Zone minéralisée
SECTION C-C'
COUPE
0 25 50
feet-pieds
ROCHE
MINE # 9 MINE
GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE
Date
07 - 1985
Figure
9.8

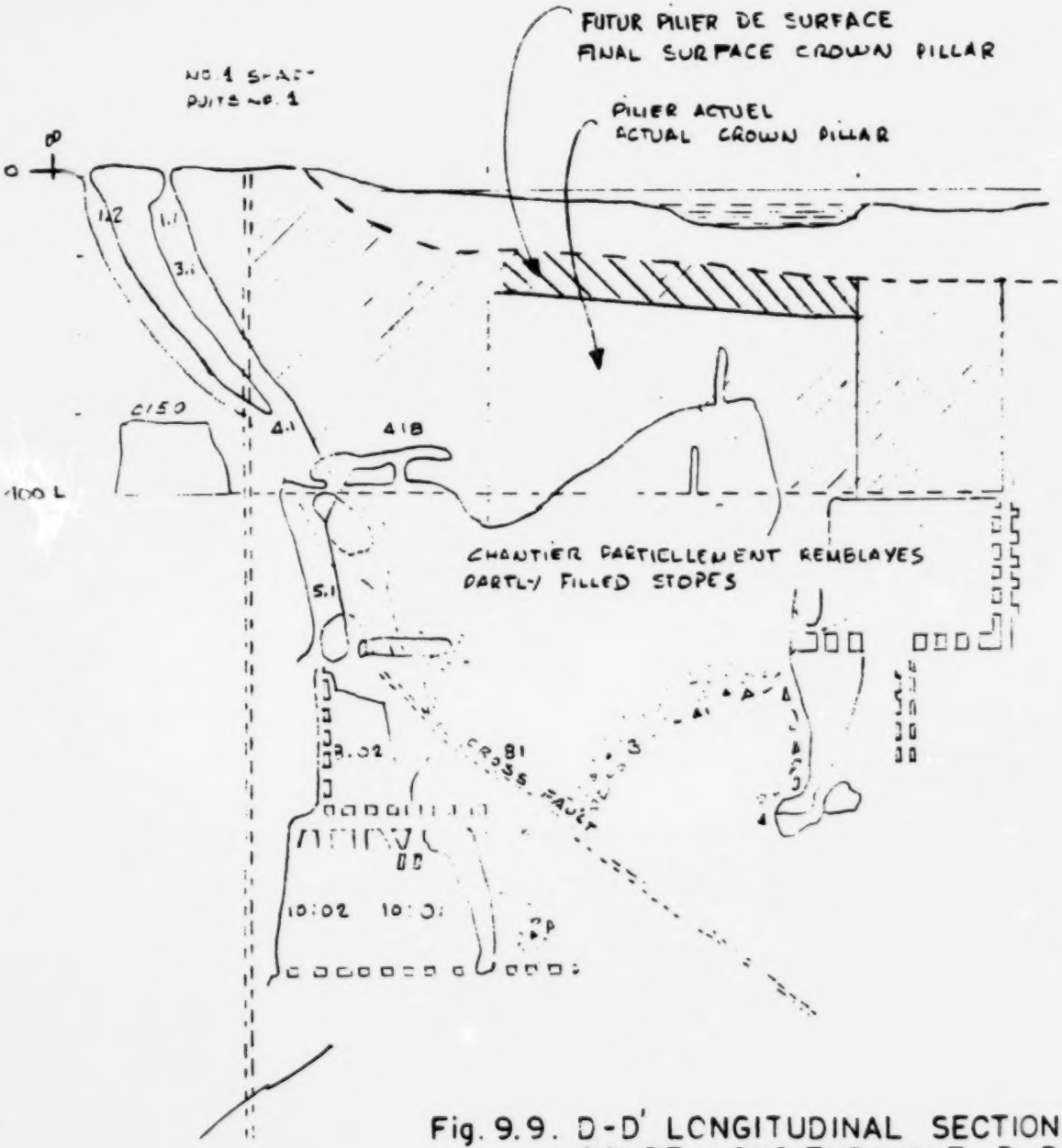


Fig. 9.9. D-D' LONGITUDINAL SECTION
COUPE LONGITUDINALE D-D'

Scale - Echelle
1" = 200'

Il est donc raisonnable de penser utiliser les équations générales de calcul des contraintes et de la résistance du massif rocheux. Comme la compagnie avait déjà déterminé l'état des contraintes naturelles dans cette région, elle avait à sa disposition plusieurs données de base.

Les hypothèses utilisées ont donc été les suivantes:

(1) Puisque la direction du minage sera E-O, la contrainte qui influencera le pilier de surface résiduel est plutôt la contrainte N-S.

(2) Le minage d'une partie du pilier de surface actuel transfèrera environ les 2/3 des contraintes sur le pilier résiduel; ceci parce que les chantiers sous-jacents sont déjà minés.

(3) La résistance en compression de (1) pi^3 de roche est estimée à 14,000 psi (96.5 MPa). Ce qui est sécuritaire puisque la valeur normalement utilisée ailleurs dans la mine est de 16 000 psi (110,3 MPa).

A partir de ces hypothèses les étapes de calcul sont les suivantes:

(1) Evaluation des contraintes sur le pilier de surface résiduel , avant le minage du chantier, en utilisant la relation qui relie les contraintes horizontales à la contrainte vertical.

$$\sigma_H = 1{,}180 \text{ psi} + 1{,}842\, H$$

où H = profondeur d'un point dans le massif rocheux en pi.

Actuellement, σ_H à la mi-hauteur du futur pilier de surface de 50 pi sera donc:

$$\sigma_H = (1180 + 1.842\ (25)) \times 1.6/1.8$$

où 1.6/1.8 est le rapport des contraintes horizontales dans la direction NS. Sur celle dans la direction EO, la contrainte horizontale nette devient alors:

σ_H (pilier) = 1090 psi (7,5 MPa)

de la même façon, puisque le pilier actuel est de 300 pi (91m) d'épaisseur, à sa mi-hauteur, nous aurons:

$$\sigma_H \text{ (futur chantier)} = (1180 + 1.842\ (150)) \times 1.6/1.8$$
$$= 1295 \text{ psi } (8.9 \text{ MPa})$$

En minant une partie du pilier de surface actuel, les 2/3 des contraintes seront redistribuées sur le pilier résiduel de 50 pi (15m) d'épaisseur. Les contraintes qui agiront sur ce dernier seront donc exprimées par l'équation suivante:

1. σ_H (contrainte dans le futur pilier de surface) = contrainte actuelle + surcharge imposée par le minage du pilier actuel, soit les 2/3 des contraintes calculées.

σ_H (contrainte dans le futur pilier de surface) $= 1090 + (1295 \times 180/50) \times 2/3$

$= 4215$ psi (29 MPa)

2. D'autre part, la résistance du pilier de surface résiduel est évaluée par la formule adaptée aux piliers souterrains de ce secteur minier d'où:

σ_H (résistance pilier = 1.4 x 14 000 x $50^{0.46}/50^{0.66}$
résiduel)

Cette équation tient compte de la résistance d'un bloc de roche du milieu de 1 pi^3 et de la forme du pilier lui-même.

σ (résistance pilier = 8965 psi (62 MPa)
résiduel)

3. Le facteur de sécurité s'obtient alors en comparant la résistance du pilier de surface résiduel aux contraintes agissant sur celui-ci.
F.S. = 8965/4215 = 2.1

Cette méthode de calcul, basée sur l'hypothèse vérifiée que le milieu est relativement homogène, permet donc d'obtenir un aperçu des phénomènes qui interviennent dans le massif rocheux. Notons enfin que la vérification de ces résultats est prévue si la compagnie décide de miner ce chantier dans le futur.

9.10 EVALUATION VISUELLE DU (DES) PILIER(S) DE SURFACE

Il n'a pas été possible de visualiser ces piliers; tous les chantiers primaires sont remblayés.

9.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

Les commentaires recueillis auprès de cette compagnie proviennent d'un représentant du département de mécanique des roches. Celui-ci pense que les piliers de surface doivent être traités comme des piliers réguliers (tournés à l'horizontal). D'ailleurs, l'exemple de calcul que l'on a illustré au chapitre précédent le démontre.

De plus, l'on semble intéressé par des mesures du champ de contraintes naturelles qui seraient prises près de la surface. En effet, les équations qui régissent la relation entre les contraintes verticales et horizontales découlent de lectures pratiquement toutes prises en profondeur (300m et plus). Il serait donc intéressant de vérifier si l'extrapolation des courbes est précise.

MINE #10

TABLE DES MATIERES

		PAGE
10.0	RESUME DE LA VISITE	277
10.1	INFORMATIONS GENERALES	279
	.Géologie régionale	
	.Géologie locale	
	.Caractéristiques du gisement	
10.2	ENVIRONNEMENT MINIER	283
10.3	MORTS-TERRAINS	285
	.Etudes et travaux	
	.Stratigraphie et caractéristiques	
10.4	MASSIF ROCHEUX	286
	.Nature des roches	
	.Géologie structurale	
	.Caractéristiques	
10.5	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	290
	.Morts-terrains	
	.Massif rocheux	
10.6	OPERATIONS MINIERES	291
	.Méthode(s) d'exploitation	
	.Conditions d'opération	
10.7	SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT	293
	.Soutènement primaire	
	.Remblayage et renforcement	
10.8	PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE	294
	.Mesure des contraintes	
	.Mesure des déplacements	
	.Autres programmes	
10.9	CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	297
	.Personnel impliqué	
	.Etapes chronologiques	
	.Facteurs de conception	
	.Dimensions des piliers	
10.10	EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	301
10.11	COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	303

10.0 RESUME DE LA VISITE

Le gisement consiste en une bande de sidérite massive orientée est-ouest et montre un pendage de 60-80° vers le sud.Le pilier de surface a été presqu'entièrement exploité. Il ne reste que trois endroits où le pilier n'a pas été défoncé:

Premier endroit:
En-dessous d'un lac (asséché par la compagnie) où une zone d'oxydation s'étend jusqu'à 150 pi (45 m) sous le contact "mort-terrain/roc". C'est un endroit à protéger.

Deuxième endroit:
Une partie du massif rocheux où deux dyke de diabase recoupent à 70° le gisement. Ces dykes divisent le gisement en deux zones (est et ouest). Cette partie du massif est stérile.

Troisième endroit:
Une partie de la bande de sidérite qui possède une largeur inférieure à 25 pi (7.5 m) dans la zone est. Cette partie du gisement est non économique avec une faible largeur et une dilution variable.

Deux mines à ciel ouvert non-opérationnelle depuis 1950, ont contribué à l'exploitation partielle du pilier de surface. Par trois reprises, entre 1969 et 1970, des glissements des parois rocheuses survenus dans une des mines à ciel ouvert ont rempli partiellement cette dernière et rempli les chantiers souterrains supérieurs.

Dans la partie extrême est du gisement, une cheminée s'est développée à partir du niveau 300 pi (90 m) jusqu'à la surface. Cette cheminée s'est graduellement développée pendant six mois et a provoqué en surface une aire d'effondrement de 500 pi (150 m) par 600 pi (180m) et un affaissement de 100 pi (30 m) par endroits. Ce phénomène semble dû au haut degré de fracturation de la roche dans cette partie du gisement.

10.1 INFORMATIONS GENERALES

. Géologie régionale

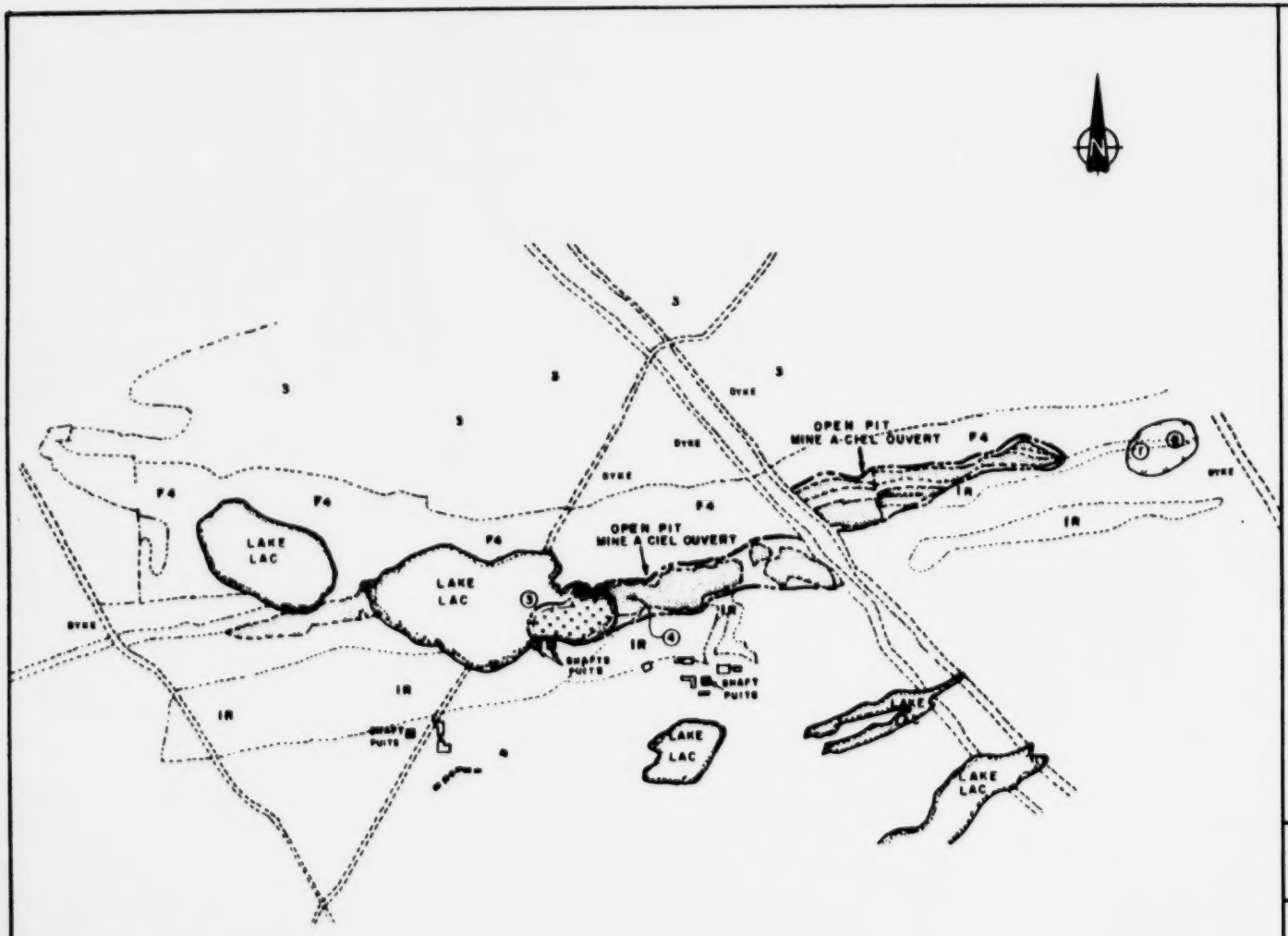
La géologie régionale consiste en un assemblage complexe de roches métavolcaniques et métasédimentaires situées dans la province du Supérieur. Ces roches datent du précambrien et sont caractérisées par des plies dont les axes suivent la direction est-ouest et plongent en général à 60° vers l'est. Un système de failles transversales couvrent la région en suivant la direction nord-ouest. La propriété minière est située sur la partie sud d'un synclinal inversé vers les nord. Ce synclinal plonge vers l'est à 40-60° au voisinage de la mine. Le faciès métamorphique schistes verts caractérise la région.

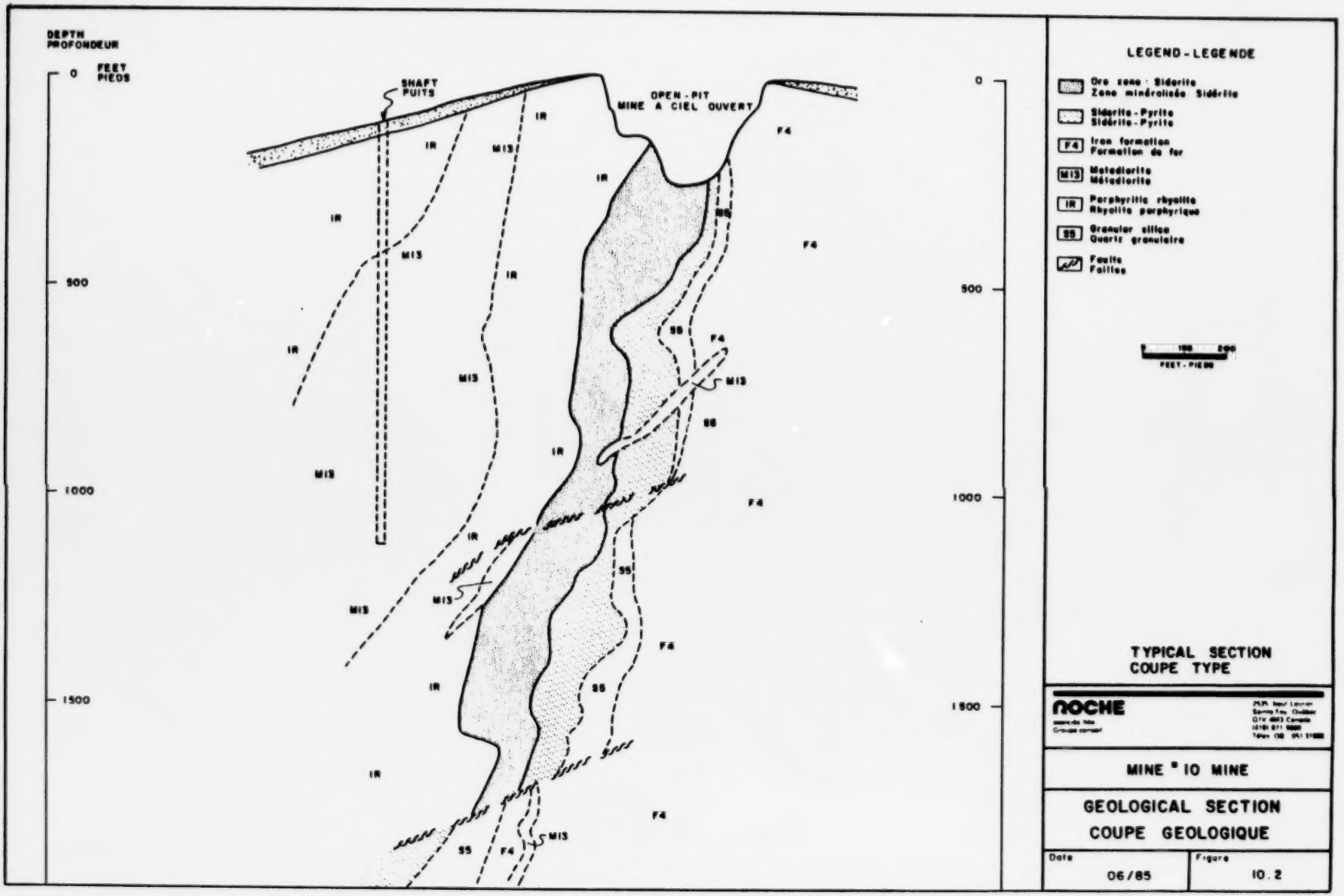
. Géologie locale

La géologie locale se résume à une séquence de roches volcanogéniques constituée de tuf acide à basique, d'une bande massive de sidérite, d'une bande massive de sidérite-pyrite, d'une formation de chert ferreux et de sidérite et d'une bande de laves à coussinets (voir figures 10.1 & 10.2). Sous l'influence des phases de plissements, l'éponte géologique inférieure est devenue l'éponte supérieure au point de vue exploitation.

. Caractéristiques du gisement

Le gisement consiste en une bande massive sidérite incluse dans une séquence de roches volcanogéniques.


N
S
DYKE
OPEN PIT
MINE A CIEL OUVERT
P4
IR
LAKE
LAC
SHAFTS
PUITS
SHAFT
PUITS
LEGEND - LEGENDE
Ore zones
Zones minéralisées
Oxide orebody
Zone oxydée
Iron formation
Formation de fer
Porphyritic rhyolite
Rhyolite porphyritique
Basic intrusives rocks
Roches intrusives basiques
Approximative position of pillar
Position approximative du pilier
Caved area approximative limit : ±500'x600'
Limite approximative de la zone affondrée
± 500'x600'
FEET - PIEDS
NOCHE
MINE #10 MINE
SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE
Date
06/85
Figure
10.1


DEPTH
PROFONDEUR
0 FEET
PIEDS
500
1000
1500
SHAFT
PUITS
OPEN-PIT
MINE A CIEL OUVERT
IR
MIS
F4
SS
LEGEND - LEGENDE
Ore zone : Siderite
Zone minéralisée Sidérite
Siderite - Pyrite
Sidérite - Pyrite
F4 Iron formation
Formation de fer
MIS Metadiorite
Métadiorite
IR Porphyritic rhyolite
Rhyolite porphyrique
SS Granular silica
Quartz granulaire
Faults
Failles
FEET - PIEDS
TYPICAL SECTION
COUPE TYPE
NOCHE
MINE "10 MINE
GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE
Date
06/85
Figure
10.2

Cette couche de fer est orientée est-ouest et affiche un pendage variant de 60° à 80° vers le sud. Les dimensions du gisement sont:

longueur	largeur	profondeur
7 000 pi. (2 130 m)	200 pi. (60 m)	3 000 pi. (910 m)

La production de minerai de fer est continuelle et voisine 7 000 tonnes courtes par jour. Cette mine représente une des rares mines de fer souterraines où l'on exploite la sidérite d'origine volcanogénique contenant environ 35% de fer.

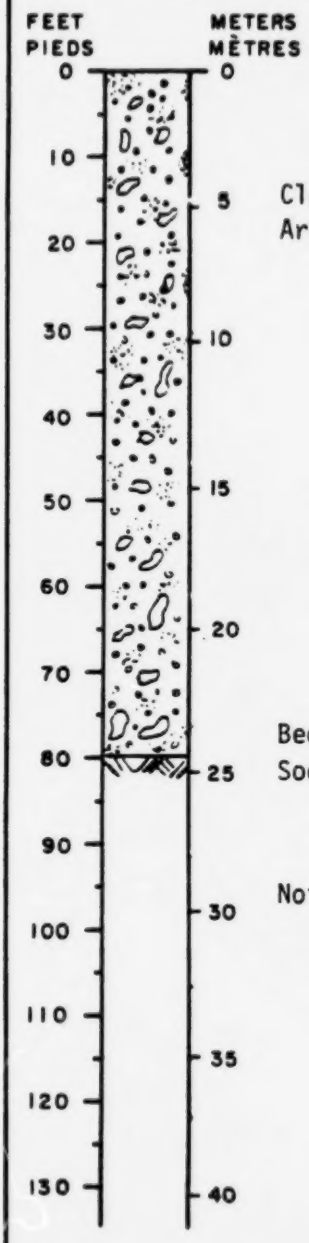
10.2 ENVIRONNEMENT MINIER

Une route et deux bâtiments abandonnés se trouvent au-dessus des parties intactes du pilier de surface et deux mines à ciel ouvert couvrent environ les trois quarts du pilier de surface original (voir figure 10.3). Ces deux mines rejoignent les chantiers supérieurs. Une halde de résidus miniers est localisée dans la mine à ciel ouvert située à l'ouest.

A l'exception des glissements de 1969-70 aucun tassement n'a été visuellement observé au-dessus de la zone principale de minerai. Cependant, dans la partie extrême est du gisement, une partie du pilier de surface s'est effondrée graduellement. Ceci est dû principalement au degré de fracturation très élevé de l'éponte supérieure et de la sidérite. La surface touchée est estimée à 300 000 pi^2 (28 000 m^2).

Aucune autre mine souterraine n'est située dans le voisinage.

SOIL STRATIGRAPHY
STRATIGRAPHIE DU SOL



Clay, sand, gravel and boulders
Argile, sable, gravel et blocs

Bedrock
Socle rocheux

Note: - In the west part of the mine, up to 80 feet (24 m) of soil

Dans la partie ouest de la mine, jusqu'à 80 pi (24m) de sol

In the east part of the mine, from 10 to 35 feet (3-11 m) of soil

Dans la partie est de la mine, De 10 à 35 pi (3-11 m) d'épaisseur de sol

ROCHE associés ltée Groupe-conseil 2535, boul Laurier, Sainte-Foy, Québec G1V 4M3 Canada (418) 871 9800 Télex : QBC 051 31593	MINE # 10 MINE	Date 07-1985	Figure 10.3

10.3 MORTS-TERRAINS

.Etudes et travaux

Quelques trous de forage vieux de plus de 50 ans ont permis d'établir un profil général du mort-terrain recouvrant le pilier de surface. Les rapports de forage ne sont plus disponibles mais certains plans montrent l'épaisseur des dépôts meubles.

.Stratigraphie et caractéristiques

La partie ouest du gisement était recouverte partiellement par un lac qui fut par la suite asséché pour permettre l'exploitation. Entre le fond du lac et le socle rocheux, on retrouve environ 80 pi (24m) de dépôts glaciaires constitués d'argile, de sable, de gravier et de blocs (voir figure 10.3). La partie ouest du gisement est recouverte de dépôts de sable, gravier et blocs. L'épaisseur de ces dépôts varient de 10 à 35 pi (3-11m).

La majeure partie du mort-terrain a été enlevée au-dessus du gisement, avec le développement des deux mines à ciel ouvert.

10.4 MASSIF ROCHEUX

. Nature des roches

Le massif rocheux se détaille comme suit:

éponte inférieure: chert et sidérite en alternance
gisement : sidérite
éponte supérieure: tuff acide à intermédiaire

Dans l'éponte supérieure on retrouve une zone de carbonatisation et de séricitisation qui s'étend sur plus de 300 pi (91 m) à partir du gisement. Au contact des dykes qui recoupent le gisement, la sidérite a été altérée et tranformée en magnétite.

Des cavitées poreuses de quelques pouces à quelques centaines de pieds de longueur caractérisent l'éponte inférieure et plus rarement la bande de sidérite. Ces cavités, souvent de forme aplatie ou allongée, sont associées à la présence d'intrusions de métadiorite. Parfois les cavitées présentent un aspect pyramidal dont la pointe est dirigée vers le haut. Dans ces cavités on retrouve un élément ou une combinaison des éléments suivants: eau, quartz, calcite, pyrite et marcassite.

Une zone d'oxydation localisée en-dessous du lac asséché artificiellement s'étend jusqu'à 150 pi (45 m) de profondeur dans la bande de sidérite. A ce sujet, en 1963, une irruption soudaine de matériel provenant de cette zone inonda une partie des galeries sous-jacentes déjà abandonnées. Ce matériel était composé de sable, de silice et de pyrite saturé d'eau. La direction fit aussitôt installer des barricades pour prévenir d'autres irruptions.

. Géologie structurale

Cinq types de failles et cinq dykes (diabase) majeurs caractérisent le massif rocheux. Aucune étude des joints n'a été effectuée en surface ou au premier niveau. La direction a cependant noté que les joints situés dans la partie est du gisement contenaient par endroits de la chlorite.

Une étude menée par CANMET indique que le clivage schisteux est orienté ENE-WSW et affiche un faible pendage vers le NNW ou le SSE. Toujours selon CANMET, le rapport "contraintes horizontales /contraintes verticales" déterminé à 1 300 pieds de profondeur varie de 1.6 à 2.

. Caractéristiques

Le tableau 10.1 résume les propriétés géomécaniques du massif rocheux.

Aucune valeur de R.Q.D. n'a été compilée dans cette mine. Cependant la direction mentionne que le R.Q.D. de l'éponte inférieure semble plus élevé que celui de l'éponte supérieure. Cette dernière possède plus de

ROCK CHARACTERISTICS

TABLE 10.1

CARACTÉRISTIQUES DE LA ROCHE

TABLEAU 10.1

LOCATION EMPLACEMENT		FOOT WALL ÉPONTE INFÉRIEURE	OREBODY GISEMENT	HANGING WALL ÉPONTE SUPÉRIEURE	
ROCK TYPE TYPE DE ROCHE		CHERT - SIDERITE	SIDERITE	METADIORITE	TUF
DENSITY DENSITÉ		2.93	3.56	2.90	2.88
COMPRESSIVE STRENGTH RÉSISTANCE EN COMPRESSION	psi x 10^3 (MPa)	39.8 (274)	38.5 (265)	21.0 (145)	28.3 (195)
SHEAR STRENGTH RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-	-
TENSILE STRENGTH RÉSISTANCE EN TENSION	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-	-
POINT LOAD STRENGTH INDICE DE DOUBLE POINCONNEMENT	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-	-
POISSON'S RATIO RAPPORT DE POISSON		0.22	0.32	0.30	0.26
YOUNG'S MODULUS MODULE DE YOUNG	psi x 10^6 (GPa)	7-14 (48-96)	9-17 (62-117)	5-11 (34-76)	6-10 (41-69)
RQD %		-	-	-	-
GEOMECHANICAL CLASSIFICATION CLASSIFICATION GÉOMÉCANIQUE		-	-	-	-

failles ou plans de fractures qui sont en majorité inférieures à 50 pieds de longeur.

Le contact du gisement avec les épontes est caractérisé d'une part par une bande de pyrite-sidérite dans l'éponte inférieure et d'autre part par une zone d'altération dans l'éponte supérieure. Quelques décrochements mineurs de l'ordre quelques pouces (cm) ont été observés dans la zone de contact.

La vélocité sonique moyenne pour l'ensemble des roches est 20 350 pi/s (6203m/s) pour les ondes logitudinales et 12 040 pi/s (3670 m/s) pour les ondes transversales.

10.5 CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES

. Mort(s)-terrain(s)

Le lac qui couvrait partiellement la zone ouest du gisement a été asséché par des systèmes de pompage en surface et aussi par un conduit partant d'un niveau souterrain et aboutissant sous le lac.

Aucune donnée précise n'a été cumulée concernant les sols et le niveau piézométrique.

. Massif rocheux

L'écoulement d'eau dans le massif rocheux est très limité. La direction rapporte que dans certaines failles ou plans de fracture le débit d'eau peut atteindre 1/8 à 1/4 (US)GPM (,008 à 0,16 l/s). Pour l'ensemble de la mine souterraine, 500 (US)GMP (32 l/s) sont pompés vers la surface. Cette eau est pompée au travers de trois systèmes de pompage situés sur trois niveaux différents.

Au cours de l'exploitation des chantiers supérieurs, de nombreuses cavités contenant de l'eau sous pression ont été rencontrées. La pression d'eau dans ces cavités pouvait atteindre jusqu'à 750 psi (5180 KPa) , particulièrement au- dessous du lac asséché. Les eaux provenant de la zone située sous le lac sont acides (pH=2.5 à 6.5). Dans un des chantiers situés sous le lac, l'entrée d'eau a déjà atteint 100 (US) GPM (6 l/s).

10.6 OPERATIONS MINIERES

. Méthode(s) d'exploitation

Le gisement est exploité par la méthode des chantiers ouverts et sous-niveaux. Les piliers de parois laissés durant l'abattage primaire sont par la suite récupérés.

. Conditions d'opération

Les chantiers ont généralement 60 pi (18 m) de largeur et la longueur varie selon l'épaisseur de la bande de sidérite. Des piliers de 80 pi (24 m) de largeur séparent les chantiers et les niveaux sont espacés de 300 pi (91m).

Le pourcentage d'extraction dans les chantiers supérieur est de 100%. La dilution varie généralement de 0 à 5% et elle provient presqu'exclusivement de l'éponte supérieure.

La séquence de minage est la suivante: minage du haut vers le bas et en retraitant vers l'est et l'ouest à partir du centre du gisement, sur plusieurs niveaux simultanément. Le facteur poudre utilisé pour le minage est 0,3 lbs/t (0,13 Kg/t) et le patron de forage se détaille comme suit:

- séries de trous de sondage dispersés en éventail et orientés dans un plan vertical;
- espacement des éventails: 5 pi (1,5m);
- écartement des pieds de forage: 17 pi. (5.1m) 26 pi (2,8 m) dans la partie supérieure de la mine);

- longueur du sondage: environ 70 pi (21m);
- diamètre: 2 1/8 po (5,5cm).

Les chantiers exploités demeurent sans supports majeurs et aucun remblayage n'est exécuté. Il est à noter que de nombreux chantiers datent de plus de 80 ans.

Deux procédures de minage des niveaux inférieurs de la partie ouest du gisement ont été simulées sur ordinateur en utilisant un modèle des éléments finis à deux dimensions. La première séquence est semblable à celle décrite ci-haut et procurait un recouvrement de 50%. La deuxième séquence, basée sur l'exploitation d'un niveau à la fois, donnait un pourcentage d'extraction de 80%.

Les données de bases qui ont servi à la modélisation n'étaient pas disponibles. La direction a adopté depuis quatre (4) années cette dernière séquence.

10.7 SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT

.Soutènement primaire

Les piliers de paroi de 80 pi (24m) de largeur sont récupérés après l'exploitation complète des chantiers primaires. Dans certains chantiers des niveaux inférieurs, le toit est découpé en forme d'arche pour une meilleure redistribution des contraintes

.Remblayage et renforcement

Tel que mentionné auparavant, aucun chantier n'est remblayé. Le boulonnage représente la principale méthode de renforcement utilisée dans cette mine. Les boulons conventionnels et les tiges cannelées sont respectivement utilisés dans les proportions 97% et 2%. Les câbles représentent moins de 1% d'utilisation, de même que les treillis métalliques. Le boisage est rarement appliqué.

Aucune mesure de renforcement n'a été appliquée dans les chantiers supérieurs.

Quelques essais de traction sont effectués sur des boulons et des câbles installés dans le toit des chantiers: la force appliquée varie entre 6 et 10 t pour les boulons et environ 25 t pour les câbles. Des vérifications du couple sont effectuées sur environ 10% des boulons nouvellement installés. Les boulons résinés sont prétensionnés à 150 livres-pied (203 N-m).

10.8 PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE

. Mesure des contraintes

Diverses mesures de contraintes effectuées par CANMET ont permis d'indiquer la direction de la contrainte principale, soit NNW-SSE. Ces mesures ont été prises entre 1200 et 1850 pi (360 et 555 m) de profondeur.

La contrainte principale minimale est tous les cas étudiés approximativement verticale. La contrainte principale maximum ne possède pas une direction uniforme et ne diffère pratiquement pas de la contrainte principale intermédiaire. Ces deux dernières contraintes sont orientées approximativement horizontales et décrivent un champ de force isotropique horizontal avec quelques variations locales. Tel que mentionné dans la section 10.4 le rapport "$\sigma h/\sigma v$" varie entre 1.6 et 2: ces valeurs ont été obtenues à partir de cellules "USBM" et "CSIR".

Les contraintes mesurées en place varient de cette façon:
Contrainte principale minimale:
2120-3870 psi (14.6-26.7 MPa)
Contrainte principale intermédiaire:
2410-4970 psi (16.6-34.3 PMa)
Contrainte principale maximale:
(2890-6840 psi (19.9-47.2 MPa)

Aucune mesure de contrainte n'a été effectuée dans le pilier de surface ou dans les chantiers supérieurs.

. Mesure des déplacements

Des programmes de mesure des déplacements utilisant des extensomètres ont été entrepris dans diverses parties des niveaux inférieurs particulièrement dans les épontes et les piliers de couronne et de paroi. En 1981 des extensomètres installés par la compagnie ont indiqué une convergence de 1/100 de po (0,025 cm).

Des stations repères ont été placées en surface, le long d'un axe perpendiculaire à la direction du gisement, dans la mine à ciel ouvert située plus à l'ouest. Ces stations sont espacées de 200 pi (60m) sur une longueur totale de 1000 pi (300 m). Des lectures mensuelles sont prises et aucun mouvement n'a été détecté jusqu'à date.

. Autres programme(s)

CANMET a également entrepris deux autres programmes:
- vélocité sonique
- microsismique

La vélocité sonique a été mesurée à quelques reprises dans le gisement, et ce durant l'exploitation de piliers dans les niveaux inférieurs. En fonction de la séquence d'exploitation, la vélocité a légèrement diminué dans les parois qui ont subi une redistribution des contraintes. En général les variations étaient inférieures à 10% et l'ensemble des mesures indiquaient qu'aucune détérioration générale ne se produisait.

Le programme de microsismicité ne concernait également que les chantiers inférieurs. L'interprétation des enregistrements demeure cependant un problème: l'origine et la signification des bruits sont difficiles à déterminer ou à expliquer.

Tel que mentionné dans la section 10.5, des mesures de pression d'eau sont effectuées dans les cavités rencontrées au cours de l'exploitation. Ces mesures ne sont pas prises systématiquement, mais seulement dans le cas où les foreurs mentionnent que la pression d'eau semble élevée.

Les chantiers supérieurs ne font pas l'objet d'inspection visuelle: les accès à ces chantiers sont bloqués.

En surface, la partie extrême est du gisement où un effondrement graduel s'est produit (fig. 10.1) est inspectée visuellement une fois par mois. Cependant, aucun rapport écrit ne détaille ces visites.

10.9 CONCEPTION DU (DES) PILIER(S) DE SURFACE

. Personnel impliqué

La conception du pilier de surface relève du superviseur en ingénierie et de l'ingénieur senior en planification. Par la suite, le surintendant de la mine approuve ou modifie les plans de conception. Les départements de géologie et des opérations minières sont également consultés dans le processus de conception. La figure 10.4 illustre les départements et les différents postes impliqués dans le processus de la conception des piliers en général.

En 1960, la direction minière a donné un mandat à un consultant extérieur pour l'assèchement du lac couvrant en partie la zone ouest du gisement et l'étude de la zone d'oxydation sous-jacente.

Récemment, la direction a engagé un consultant pour le contrôle du terrain dans les chantiers inférieurs.

. Etapes chronologiques

La direction comptait exploiter le gisement jusqu'en surface par la méthode des blocs foudroyés mais, en raison du mauvais comportement du massif rocheux qui produisait trop de dilution, changea plutôt pour la méthodes des chantiers ouverts et abattage par sous-niveaux sans remblayage.

ORGANIZATION CHART - PILLARS DESIGN

ORGANIGRAMME - CONCEPTION DES PILIERS

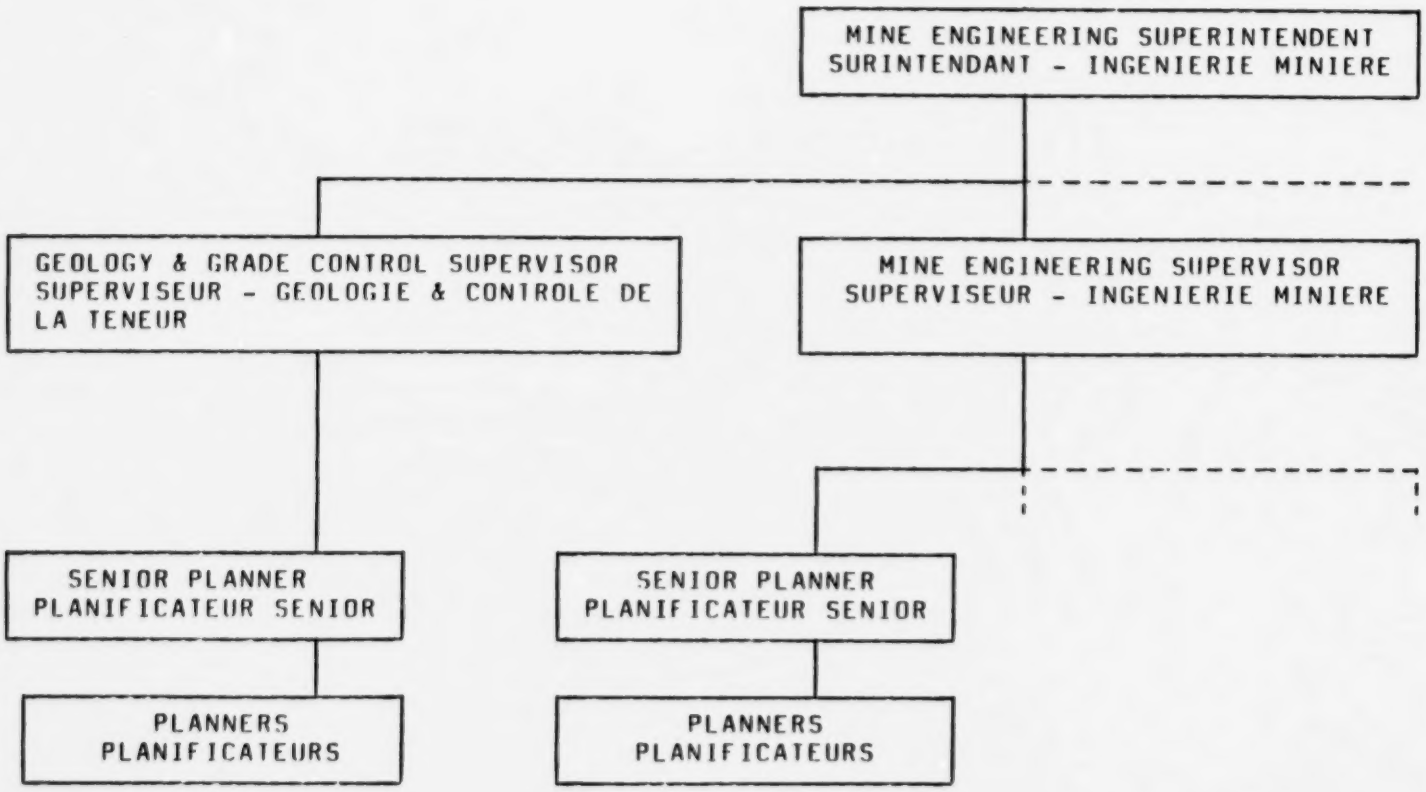


Figure 10.4

Une partie du gisement a été exploitée par deux mines à ciel ouvert (ouest et est du gisement) et par la suite, le pilier de surface a été au trois quart exploité par méthodes souterraines. Les parties du pilier laissées intactes correspondent aux zones de faiblesse ou aux zones de faible tonnage et teneur.

L'exploitation du pilier de surface était prévue depuis le début des opérations. Dans la partie oxydée située sous le lac, la direction a laissé un pilier de 150 pi (46 m) d'épaisseur, tel que le recommandait un consultant extérieur.

. Facteur de conception

La conception du pilier de surface a été basée sur l'expérience pratique du personnel impliqué et aussi sur des recommandations de consultants extérieurs. Les rapports de ces consultants n'étaient cependant pas disponibles.

La direction spécifie que les ingénieurs impliqués dans la conception du pilier de surface ont basé leur approche sur la formation d'arches naturelles au-dessus des chantiers supérieurs.

. Dimensions du (des) pilier(s) de surface)

Les dimensions du pilier de surface ont changé graduellement en fonction de l'avance des travaux souterrains et à ciel ouvert. Les dimensions actuelles des parties intactes du pilier sont résumées dans le tableau 10.2.

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 10.2
TABLEAU 10.2

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		# 1	# 2	# 3	# 4				
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	- -	- -	* *	* *				
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	10-35 (3-11)	10-35 (3-11)	80 (24)	80 (24)				
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	150 (46)	150 (46)	150 (46)	120 (37)				
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	50 (15)	45 (14)	220 (67)	100 (30)				
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	60 (18)	60 (18)	60 (18)	60 (18)				
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		3,0	3,3	0,7	1,2				
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)	330 (101)	330 (101)	350 (107)	250 (76)				
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI	feet-pi. (m)	0	0	0	0				

** dewatered lake - lac asséché

10.10 EVALUATION VISUELLE DU (DES) PILIER(S) DE SURFACE

Les galeries aboutissant au pilier de surface ont été bloquées depuis plusieurs années. L'évaluation visuelle du pilier de surface a donc été limitée aux endroits accessibles en surface, dans les limites des anciennes mines à ciel ouvert.

Les parois rocheuses montrent un degré de fracturation bien développée: au moins trois familles de joints sont présentes dans l'éponte supérieure. L'éponte inférieure est plustôt massive. Les joints découpent des blocs parallépipédiques de l'ordre du pied cube. Les joints ne semblent pas remplis de matériaux d'altération.

Les deux dykes subparallèles recoupant la partie centrale du gisement contribuent à maintenir les épontes inférieures et supérieures.

Malgré une fracturation évidente et un pendage de 70°, l'éponte supérieure paraît stable. Les couches de roches semblent cimentées entre elles.

L'ensemble du massif rocheux découpé en surface ne montre aucune zone humide ou inondée. Les conditions hydrogéologiques sont contrôlées par les systèmes de pompage souterrains.

La halde de résidus miniers déversés dans la partie ouest est partiellement lessivée par les eaux de précipitation. Les particules fines sont entraînées plus loin en surface, vers la partie extrême ouest de la mine.

La partie extrême "est" du gisement est recouverte de végétation. On peut distinguer à partir de la route d'accès à la mine à ciel ouvert "est" la zone d'effondrement où la surface du sol s'est affaissée plusieurs dizaines de pieds.

10.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

La direction est d'avis que les recherches basées sur la modélisation informatisée des séquences de minage aidera à accroître la sécurité dans les chantiers et à augmenter la productivité. De même, les programmes d'études des contraintes en place utilisant des cellules triaxiales contribueront à la conception des chantiers et des piliers.

Le développement et l'utilisation d'un appareil destiné à suivre la détérioration des parois et des piliers pourrait optimiser les opérations minières.

MINE # 11

TABLE DES MATIERES

		PAGE
11.0	RESUME DE LA VISITE	306
11.1	INFORMATIONS GENERALES	307
	. Géologie régionale	
	. Géologie locale	
	. Caractéristiques du gisement	
11.2	ENVIRONNEMENT MINIER	311
11.3	MORTS-TERRAINS	312
	. Etudes et travaux	
	. Stratigraphie et caractéristiques	
11.4	MASSIF ROCHEUX	316
	. Nature des roches	
	. Géologie structurale	
	. Caractéristiques	
11.5	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	320
	. Morts-terrains	
	. Massif rocheux	
11.6	OPERATIONS MINIERES	321
	. Méthode(s) d'exploitation	
	. Conditions d'opération	
11.7	SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT	323
	. Soutènement primaire	
	. Remblayage et renforcement	
11.8	PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE	324
	. Mesure des contraintes	
	. Mesure des déplacements	
	. Autres programmes	
11.9	CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	325
	. Personnel impliqué	
	. Etapes chronologiques	
	. Facteurs de conception	
	. Dimensions des piliers	
11.10	EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	329
11.11	COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	330

11.0 RESUME DE LA VISITE

Le gisement est constitué de veines de quartz aurifère, encaissées dans une syénite porphyrique. La veine principale est orientée N 65°E et affiche un pendage de 75° à 85° vers le sud-est.

Les infrastructures minières ont été bâties sur une presqu'île et au cours de l'exploitation du gisement, le lac ceinturant les infrastructures a été graduellement rempli de résidus miniers.

Les couches de sols (comprenant les résidus miniers) qui recouvrent actuellement le gisement ont une épaisseur variant entre 30 et 100 pi (9 et 30m).

Un pilier de surface initial de 200 pi (60m) avait été laisé par une première compagnie qui ferma la mine en 1965. En 1983, une seconde compagnie entreprit d'exploiter ce pilier à l'aide d'une variante de la méthode coupe et remblai. La direction minière a suivi un programme d'investigations visant à déterminer la nature des sols recouvrant le gisement et à tracer la topographie de la surface du contact sol-roc avec une grande précision.

Quatre (4) chantiers supérieurs délimitent quatre (4) piliers de surface d'épaisseur moyenne de 30 pi (9m). L'épaisseur actuelle des piliers équivaut à environ deux fois la largeur des chantiers sous-jacents.

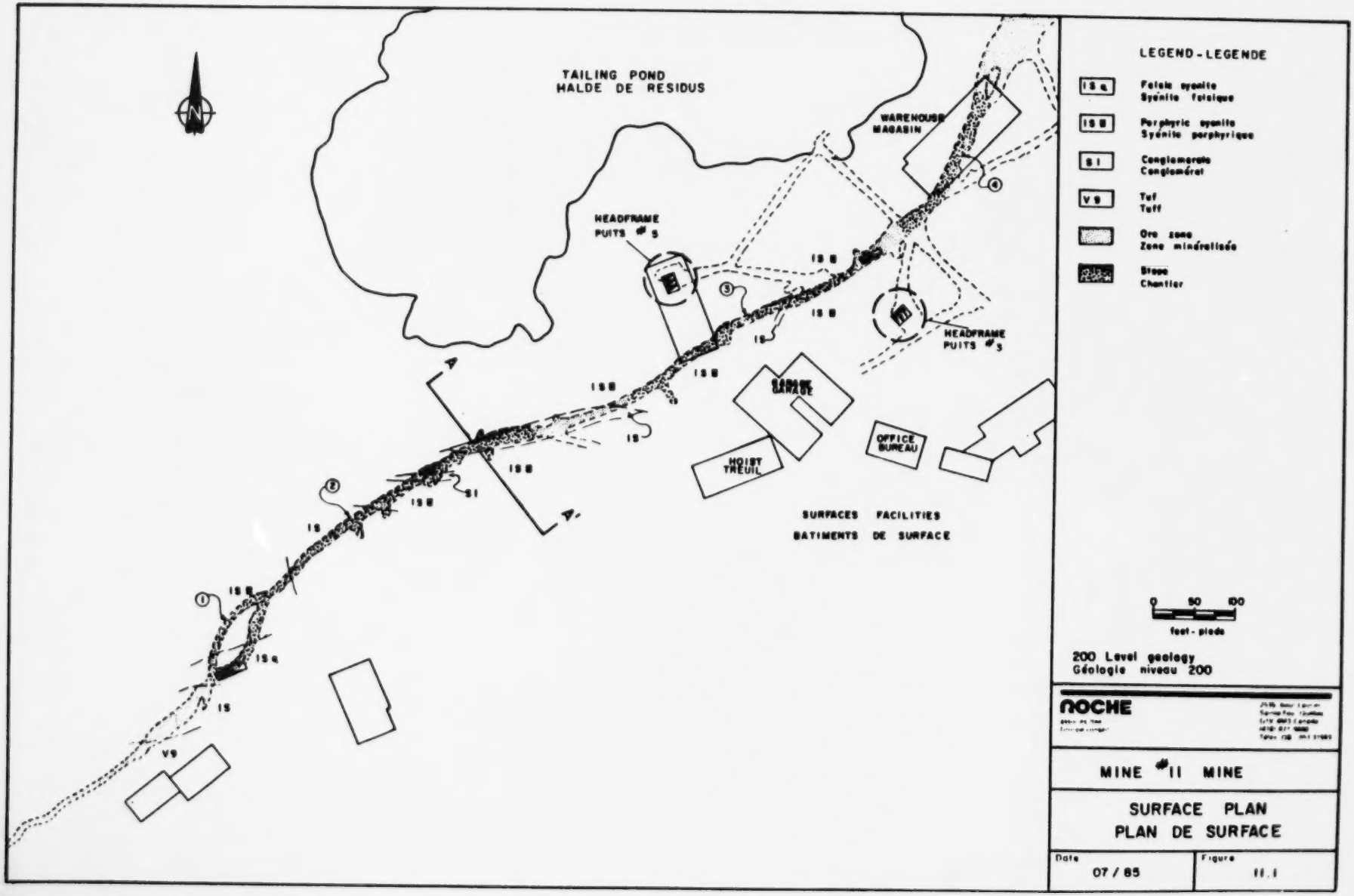
11.1 INFORMATIONS GENERALES

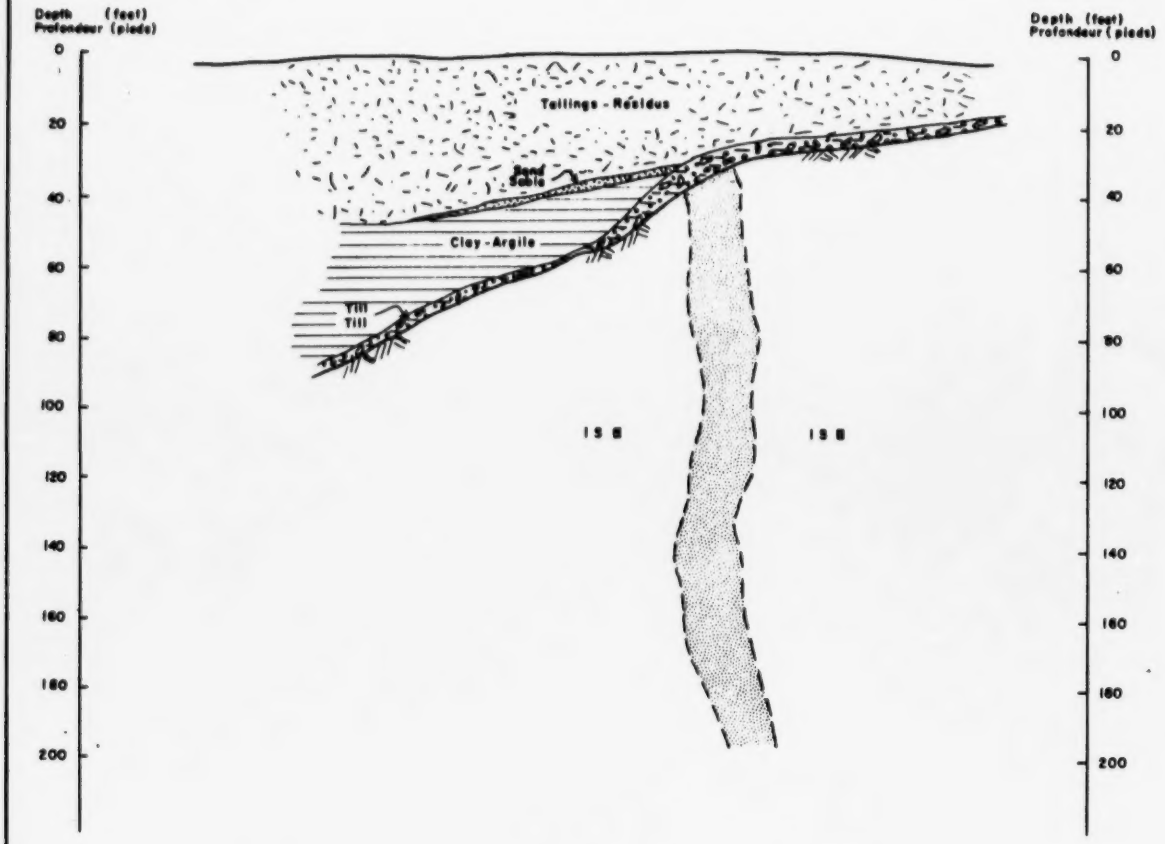
.Géologie régionale

La région étudiée appartient à la province du Supérieur et est caractérisée par une ceinture de roches sédimentaires précambiennes composée d'un tuf métamorphisé, d'un conglomérat et d'une grauwacke, situés dans un synclinal majeur orienté EO et s'étendant sur plus de 100 mi (160km). Dans la zone minéralisée, le synclinal subit une distorsion et s'oriente plutôt à environ N 60° E: une intrusion importante de granite et de syénite, localisée au sud de la ceinture sédimentaire, serait probablement responsable de ce changement de direction. De nombreuses intrusions de syénite et des dykes de diabase et de lamprophyre recoupent les roches sédimentaires. Le faciès métamorphique à schistes verts caractérise la région.

.Géologie locale

Une syénite porphyrique rouge constitue généralement les épontes et par endroits, ces dernières sont formées de syénite felsique, de conglomérat et de tuf (figures 11.1 et 11.2). La minéralisation est associée aux failles majeures montrant un pendage abrupt. Un système de fractures parallèles, lié à ces failles, donne lieu à des fragments de roches ressemblant grossièrement à un diamant.


TAILING POND
HALDE DE RESIDUS
WAREHOUSE
MAGASIN
HEADFRAME
PUITS #5
HEADFRAME
PUITS #3
HOIST
TREUIL
OFFICE
BUREAU
SURFACES FACILITIES
BATIMENTS DE SURFACE
LEGEND - LEGENDE
Felsic syenite
Syénite felsique
Porphyric syenite
Syénite porphyrique
Conglomerate
Conglomérat
Tuf
Tuff
Ore zone
Zone minéralisée
Stope
Chantier
0 50 100
feet - pieds
200 Level geology
Géologie niveau 200
NOCHE
MINE #11 MINE
SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE
Date
07 / 85
Figure
11.1



LEGEND - LEGENDE

ISB Porphyric syenite
Syénite porphyrique

Ore zone
Zone minéralisée

SECTION A-A'
COUPE

0 15 30
feet - pieds

NOCHE

MINE #11 MINE

GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE

Date	Figure
07/85	11.2

.Caractéristiques du gisement

La minéralisation est constituée de veines et de lentilles discontinues de quartz aurifères avec des fractures contenant du graphite, des sulfures et de la molybdénite. Les veines minéralisées peuvent atteindre jusqu'à 3½ mi (5,6km) de longueur. Le gisement principal montre les caractéristiques suivantes:

Longueur	Largeur	Profondeur
2500 pi (760m)	3-20 pi (1-6m)	8500 pi (2590m)

Le gisement est orienté N 65° E et montre un pendage de 75° à 85° vers le sud-est. La production journalière est actuellement d'environ 500t. La production était continuelle entre 1913 et 1965; de 1966 à 1983, la mine a cessé toute production et depuis ce temps, elle opère sur une base continue.

11.2 ENVIRONNEMENT MINIER

Des infrastructures de surface, dont un garage, se trouvent à proximité des piliers de surface. Ces bâtiments reposent sur une presqu'île et, au fur et à mesure que les travaux d'exploitation progressaient, le lac était rempli de résidus miniers.

Aucun tassement n'a été observé en surface depuis le début des opérations.

Deux (2) mines sont situées à proximité de la mine visitée.

11.3 MORTS-TERRAINS

.Etudes et travaux

La compagnie a entrepris, en collaboration avec un consultant extérieur, un programme de travail visant à déterminer la nature et l'épaisseur des couches de sols, de même que la topographie du roc. Ces travaux visaient à optimiser l'exploitation des piliers de surface, tout en déterminant les conditions de sécurité en surface. Parmi les caractéristiques recherchées, on note le degré de saturation des sols et le potentiel de liquéfaction sous l'influence d'un choc.

Le profil du roc et la stratigraphie des sols ont été déterminés par un relevé de sismique réfraction et par des forages le long de l'axe longitudinal du gisement, à une distance moyenne de 100 pi (30m) de part et d'autre de cet axe. Quelques sondages dispersés au nord et au sud de l'axe ont également été faits. Les travaux suivants illustrent l'importance que la direction minière accorde aux conditions de surface et indiquent la source des informations de base:

-24 forages rotatifs (à circulation inverse) jusqu'à environ 5 pi (1,5m) dans le roc.

-7 trous de tarière sans échantillonnage jusqu'au roc.

-26 trous de tarière avec échantillonnage des sols jusqu'au roc et forage BX dans 10 pi (3m) de roc.

-49 essais à la sonde jusqu'au contact du roc, de façon à constituer une ligne de base directement au-dessus de l'axe longitudinal du dépôt.

-35 trous de 8 po (20cm) de diamètre servant au remblayage des chantiers et forés de la surface: ces trous sont espacés de 50 pi (15m) le long de l'axe longitudinal du gisement.

-Environ 70 trous de sondage au diamant répartis dans la zone des piliers de surface.

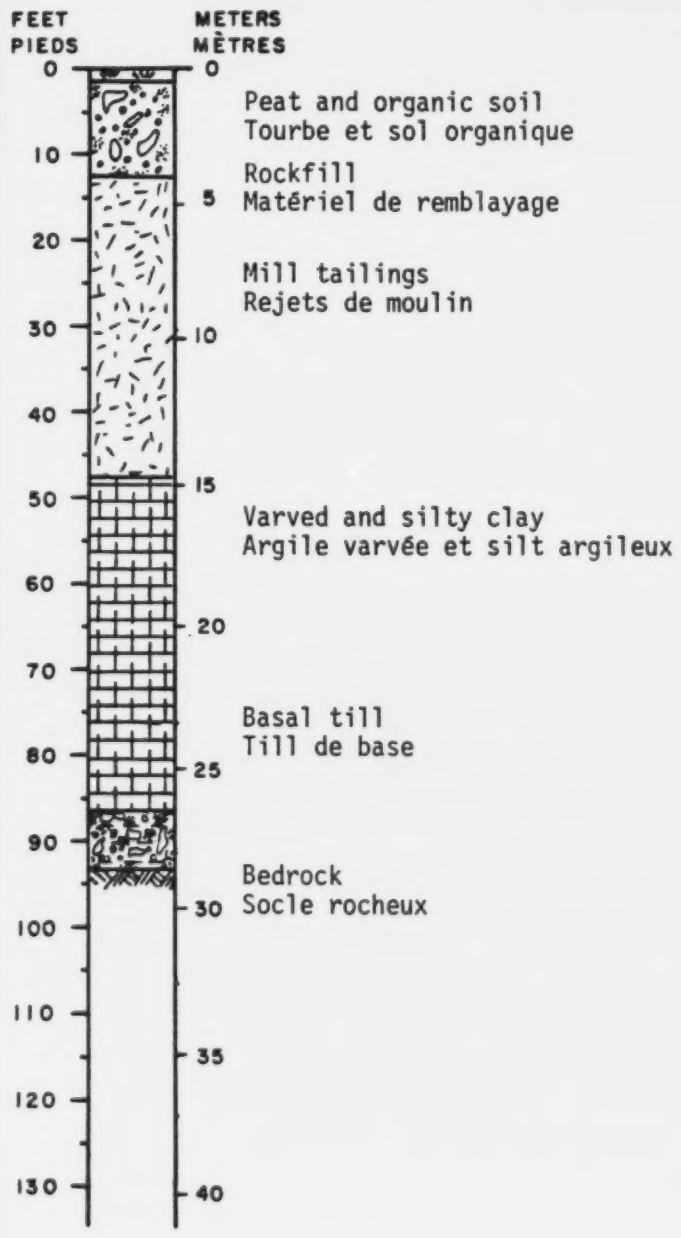
-Et finalement, un relevé de sismique réfraction comprenant 25 lignes espacées d'environ 200 pi (60m) et orientées perpendiculairement au gisement. Chaque ligne comprenait 12 géophones espacés de 30 pi (9m), couvrant ainsi une largeur de 330 pi (100m).

.Stratigraphie et caractéristiques

Le profil du roc ainsi que la stratigraphie du mort-terrain varient considérablement d'est en ouest sur les quelque 2 500 pi (760m) de longueur que couvre la propriété. La figure 11.2 permet de constater que de façon générale, le mort-terrain est beaucoup plus épais du côté nord du gisement.

Les principaux constituants du mort-terrain à partir de la surface sont illustrés à la figure 11.3 et caractérisés brièvement à la page suivante:

SOIL STRATIGRAPHY
STRATIGRAPHIE DU SOL



ROCHE associés ltée Groupe-conseil — 2535, boul Laurier, Sainte-Foy, Québec G1V 4M3 Canada (418) 871 9600 Télex : QBC 051 31593	MINE # 11 MINE	Date 07-1985	Figure 11.3

	Epaisseur moyenne	Nombre SPT	Teneur en eau
-Tourbe et sol organique	1,5 pi (0,5cm)	1-7	82-153
-Matériel de remblayage: gravier, sable, blocs...	11 pi (3,3m)	3-9	-
-Résidus de moulin: l'épaisseur augmente vers le nord de la propriété.	6-35 pi (1,8-11m)	-	25-40
-Argile varvée et silt argileux: l'épaisseur augmente vers le nord.	0-39 pi (0-12m)	-	-

L'argile semble préconsolidée dans le haut de la couche, et le poids unitaire des matériaux varie entre 115 et 120 lbs/pi^3 (18 et 19KN/m^3).

Sauf pour une section assez réduite, le mort-terrain n'a pas été enlevé. Il n'est pas drainé même si un faible gradient hydraulique orienté vers les chantiers supérieurs a été observé. La couche d'argile, située près du contact avec le roc, semble maintenir une nappe d'eau perchée au-dessus des piliers de surface. Le niveau de cette nappe se situe à environ 1 pi (0,3m) sous la surface du terrain.

11.4 MASSIF ROCHEUX

.Nature des roches

Le massif rocheux se détaille comme suit:

Eponte inférieure: Syénite porphyrique

Gisement : Veine de quartz aurifère

Eponte supérieure: Syénite porphyrique

Une zone de séricitisation d'environ 12 pi (3,6m) d'épaisseur entoure le gisement. Près des contacts épontes-gisement, la roche tend à devenir significativement altérée avec des veines de quartz et des zones de fractures montrant des surfaces chloritisées, avec du graphite ou des sulfures.

.Géologie structurale

Un système de failles orientées NS et NE-SO et des fractures mineures associées à ce système ont donné lieu à un patron de joints très développé dans des zones spécifiques de la mine. Aucune étude des joints n'a été effectuée dans la mine, cependant la direction minière mentionne que les joints sont mieux développés dans la syénite porphyrique.

Aucune valeur de contrainte naturelle n'a été déterminée dans cette mine.

.Caractéristiques

Peu d'essais ont été effectués sur le massif rocheux. La valeur du R.Q.D est généralement inférieure à 25%. Les zones du masif, où la fracturation est prononcée, sont concentrées près de la surface du roc, dans la zone immédiate de minéralisation.

Des essais de double poinçonnement ont été effectués sur des carottes provenant de treize (13) trous de forage et la fréquence des essais était d'un (1) par 10 pi (3m) d'intervalle. Le tableau 11.1 donne les caractéristiques des roches étudiées. Les roches de l'éponte supérieure semblent posséder une résistance en compression légèrement plus élevée que celles de l'éponte inférieure.

Les fractures ou discontinuités semblent être peu concentrées le long des zones minéralisées des failles, et des dykes de diabase. Les valeurs de R.Q.D. correspondent généralement avec les indices de double poinçonnement.

La qualité du massif rocheux est basse à très basse selon les classifications NGI, CSIR et CSIR modifié.

Selon les classifications utilisées, on obtient les résultats suivants:

ROCK CHARACTERISTICS

TABLE 11.1

CARACTÉRISTIQUES DE LA ROCHE

TABLEAU 11.1

LOCATION EMPLACEMENT		FOOT WALL ÉPONTE INFÉRIEURE		OREBODY GISEMENT	HANGING WALL ÉPONTE SUPÉRIEURE				
ROCK TYPE TYPE DE ROCHE		Conglomerate Conglomérat	Red syenite porphyry Syénite porphyrique rouge	Gold bearing quartz veins Veines de quartz aurifères	Red syenite porphyry Syénite porphyrique rouge	Felsic syenite Syénite felsique	Basic syenite Syénite basique	Diabase Diabase	Tuff Tuf
DENSITY DENSITÉ		-	2,7	2,7	2,7	-	-	-	-
COMPRESSIVE STRENGTH RÉSISTANCE EN COMPRESSION	psi x 10^3 (MPa)	16.4 (113)	18.5 (128)	-	22.3 (154)	-	-	-	-
SHEAR STRENGTH RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-	-	-	-	-	-
TENSILE STRENGTH RÉSISTANCE EN TENSION	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-	-	-	-	-	-
POINT LOAD STRENGTH INDICE DE DOUBLE POINCONNEMENT	psi x 10^3 (MPa)	0,68 4,7)	0,77 (5,3)	-	0,93 (6,4)	1,07 (7,4)	0,77 (5,3)	0,68 (4,7)	0,90 (6,2)
POISSON'S RATIO RAPPORT DE POISSON		-	-	-	-	-	-	-	-
YOUNG'S MODULUS MODULE DE YOUNG	psi x 10^6 (Gpa)	-	-	-	-	-	-	-	-
RQD %		≤ 25		≤ 25	≤ 25				
GEOMECHANICAL CLASSIFICATION CLASSIFICATION GÉOMÉCANIQUE	NGI CSIR et CSIR (mod)	0,05 - 1,5 voir texte							

NGI : évaluation = 0,05 à 1,5
extrêmement pauvre à "fair"

CSIR

: très pauvre à "fair"

CSIR (modifié)

Quelques essais de vélocité sonique ont donné les résultats suivants:

Zone supérieure (résidus) : 980-3300 pi/s
(300-1 000 m/s)

Zone inférieure (argile) : 4 900 pi/s
(1 500 m/s)

Massif rocheux : 11 500-19 700 pi/s
(3 500-6 005 m/s)

11.5 CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES

.Morts-terrains

Les conditions hydrogéologiques de surface ont été modifiées par le remplissage progressif du lac avec les résidus miniers. En tout, treize (13) piézomètres ont été installés dans les sols:

- -Cinq (5) piézomètres dans les résidus miniers; la profondeur de ces sondes varie de 10 à 30 pi (3 à 9m).

- -Huit (8) piézomètres dans les sables et graviers; la profondeur varie de 30 à 68 pi (9 à 21m).

Tel que mentionné à la section 11.3, le niveau piézométrique se maintient à environ 1 pi (0,3m) sous la surface du sol.

.Massif rocheux

Aucune infiltration majeure n'a été observée dans la mine. Les galeries et les chantiers sont secs jusqu'à environ 400 pi (120m) de profondeur. Aucun pompage n'est effectué dans cette mine; l'eau est pompée à partir des installations d'une des deux mines situées à proximité de celle visitée.

11.6 OPERATIONS MINIERES

.Méthode(s) d'exploitation

Initialement, la mine fut exploitée par une première compagnie jusqu'à une profondeur d'environ 5 000 pi (1500m), entre 1913 et 1965. Par la suite, cette compagnie cessa toute opération. A partir de 1983, une seconde compagnie a repris l'exploitation, dont la partie supérieure de la mine, c'est-à-dire, un pilier de surface de 200 pi (60m) d'épaisseur abandonné par la première compagnie.

L'exploitation du pilier de surface est prévue de cette façon:

- -Exploitation de la partie supérieure du gisement par la méthode coupe et remblai: i.e., à partir de 30 pi (9m) sous le contact sol/roc, jusqu'à environ 200 pi (60m) de profondeur.

- -Développement de quatre (4) chantiers supérieurs: ce qui donne en pratique quatre (4) piliers de surface.

.Conditions d'opération

Etant donné la proximité des sols par rapport aux toits des chantiers supérieurs planifiés, une méthode d'exploitation spéciale a été développée pour accroître la stabilité des chantiers. La séquence d'extraction dans les chantiers est la suivante:

-Le minage s'effectue du haut vers le bas.

-Après le minage de la première tranche (8 pi: 2,4m d'épaisseur), un horizon de sable est déposé dans le fond de l'ouverture et, à partir d'un tuyau venant de la surface, du béton est coulé de façon à former une dalle de quatre (4) pi (1,2m) d'épaisseur, ayant une résistance en compression de 3 000 psi (21 MPa). Au préalable, une couverture de plastique a été installée sur le sable, empêchant ainsi le béton de se mélanger avec le sable. Il est à noter que cette dalle de béton est ancrée dans les murs à l'aide de tiges d'acier (1½ po: 3,8cm de diamètre). Par la suite, un mélange sable-ciment (montrant une résistance de 500 psi:3,4 MPa après consolidation) est déversé sur la dalle pour compléter le remblayage jusqu'au plafond. Au cours de ces travaux, le tuyau allant jusqu'à la surface est allongé jusqu'au plafond de la deuxième tranche.

-L'exploitation de la deuxième couche de 8 pi (2,4m) est facilitée par l'amortissement du choc de l'explosion au travers du lit de sable déposé à la base de la première tranche.

-Le même processus est sensiblement suivi dans l'exploitation des couches suivantes.

Le cycle complet d'exploitation d'un tranche varie entre quatre (4) et cinq (5) semaines. Le taux d'extraction voisine 90% et la dilution peut monter jusqu'à 30% avec la contribution du stérile provenant des épontes.

11.7 SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT

.Soutènement primaire

A la fin de l'exploitation, trois piliers de parois permanents sépareront les chantiers supérieurs du pilier de surface initial.

.Remblayage et renforcement

Au cours de l'exploitation des piliers de surface par la méthode décrite à la section 11.6, le soutènement est assuré par des caissons bétonnés et remblayés avec un mélange contenant du ciment.

Des boulons conventionnels de 5 pi (1,5m) de longueur sont installés dans les zones ponctuelles relativement instables des piliers de surface. Des plaques de bois sont installées sous les têtes des boulons.

11.8 PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE

.Mesures des contraintes

Aucune mesure de contrainte n'a été effectuée dans cette mine.

.Mesure des déplacements

Aucune mesure de déplacement n'a été effectué dans cette mine.

.Autres programmes

Aucun programme spécial n'a été développé spécialement pour les piliers de surface, exception faite de la procédure suivante:

Trois trous de sondage de 22 pi (6,7m) et inclinés à 30° vers le haut par rapport à l'horizontale sont exécutés en direction du toit de la prochaine tranche à exploiter. Ces trous servent à déceler des discontinuités majeures qui pourraient diminuer grandement la stabilité des chantiers.

11.9 CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE

.Personnel impliqué

Les personnes et les départements impliqués dans la conception des piliers de surface sont indiqués à la figure 11.4. Le gérant de la mine entérine le dimensionnement des piliers majeurs, dont les piliers de surface.

Les hautes teneurs en or contenues dans le pilier de surface ont motivé la direction minière à récupérer une partie de celui-ci et à laisser des piliers de paroi correspondant aux zones affichant des teneurs moins élevées.

La compagnie qui exploite présentement la mine a déjà fait appel à un consultant extérieur pour optimiser l'exploitation de la partie supérieure du gisement. Les paramètres étudiés par ce consultant furent:

- -Discontinuités majeures
- -Techniques de remblayage et de renforcement...
- -Données géostructurales pour l'évaluation du massif rocheux: les classifications géomécaniques NGI, CSIR et CSIR modifié ont été employées.

A partir de ces données de base, ce consultant recommandait de boulonner les zones très fracturées avec des boulons variant de 3 à 6 pi (1 à 2m) de longueur réparties sur un patron de 3 x 3 pi (1 x 1m), avec des treillis métalliques et, si nécessaire, des plaques d'acier surdimensionnées et/ou du béton projeté.

ORGANIZATION CHART - PILLARS DESIGN
ORGANIGRAMME - CONCEPTION DES PILIERS

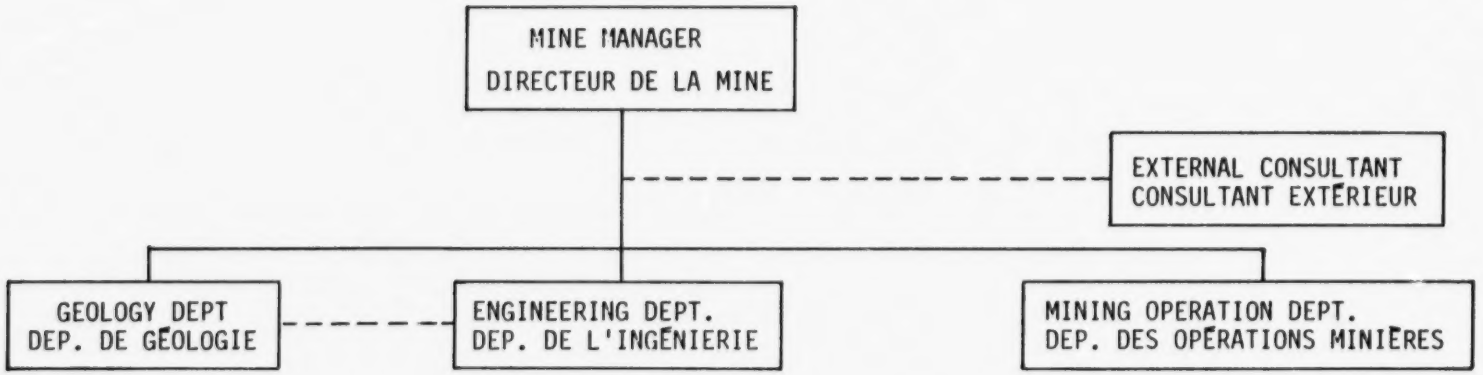


Figure 11.4

C'est ce même consultant qui a suggéré la méthode d'exploitation décrite à la section 11.6.

.Etapes chronologiques

Telle que mentionnée dans les sections 11.1 et 11.6, l'exploitation de la partie supérieure du gisement s'est effectuée en deux phases indépendante:

-Exploitation du gisement en général et arrêt des chantiers à environ 200 pi (60m) de la surface.

-Fermeture de la mine entre 1965 et 1983.

-Réouverture de la mine et exploitation des piliers de surface (4 chantiers supérieurs) par une variante de la méthode coupe et remblai.

.Facteurs de conception

Le dimensionnement des piliers de surface est basé sur une analyse des contraintes et l'état du massif rocheux contenant les chantiers supérieurs. Cependant, les détails de cette étude n'étaient pas disponibles. On peut noter que les dimensions des chantiers donnent lieu à des piliers de surface dont l'épaisseur équivaut à environ le double de la largeur des chantiers.

.Dimensions des piliers

Le tableau 11.2 montre les dimensions actuelles des piliers de surface et des chantiers sous-jacents.

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 11,2
TABLEAU 11,2

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#1	#2	#3	#4				
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	-	-	-	-				
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	40 (12)	60 (18)	40 (12)	60 (18)				
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	40 (12)	20 (6)	30 (9)	25 (8)				
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	20 (6)	10 (3)	10 (3)	20 (6)				
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	100 (30)	340 (104)	300 (91)	230 (70)				
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		2	2	3	1,3				
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)	80 (24)	80 (24)	80 (24)	80 (24)				
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI	feet-pi. (m)	80 (24)	80 (24)	80 (24)	80 (24)				

11.10 EVALUATION VISUELLE DE(DES) PILIER(S) DE SURFACE

L'aspect le plus intéressant de la visite sous terre est sans aucun doute de constater l'efficacité du support artificiel mis en place. Malgré la résistance relativement bonne de la roche intacte (d'environ 22,000 psi ou 152 MPa), le massif rocheux est très fissuré et les blocs ont tendance à glisser les uns sur les autres. Le RQD, moyen au contact immédiat avec la zone minéralisée varie autour de 30%. L'on remarque que de nombreuses galeries d'accès au dépôt ont subi une détérioration prononcée de leurs murs mais qu'un boulonnage rapproché (3 x 3 pi ou 1 x 1m) conventionnel est généralement suffisant pour arrêter la chute des blocs. Enfin la mise en place des piliers de béton horizontaux artificiels est très efficace pour assurer la stabilité des épontes, en réduisant la hauteur non supportée des chantiers.

11.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

La direction minière estime que l'expérience acquise au cours des diverses exploitations des piliers de surface devrait être traduite sur papier et compilée dans un livre de référence.

MINE # 12

TABLE DES MATIERES

		PAGE
12.0	RESUME DE LA VISITE	333
12.1	INFORMATIONS GENERALES	335
	.Géologie régionale	
	.Géologie locale	
	.Caractéristiques du gisement	
12.2	ENVIRONNEMENT MINIER	341
12.3	MORTS-TERRAINS	342
	.Etudes et travaux	
	.Stratigraphie et caractéristiques	
12.4	MASSIF ROCHEUX	347
	.Nature des roches	
	.Géologie structurale	
	.Caractéristiques	
12.5	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	349
	.Morts-terrains	
	.Massif rocheux	
12.6	OPERATIONS MINIERES	350
	.Méthode(s) d'exploitation	
	.Conditions d'opération	
12.7	SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT	352
	.Soutènement primaire	
	.Remblayage et renforcement	
12.8	PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE	353
	.Mesure des contraintes	
	.Mesure des déplacements	
	.Autres programmes	
12.9	CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	354
	.Personnel impliqué	
	.Etapes chronologiques	
	.Facteurs de conception	
	.Dimensions des piliers	
12.10	EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	363
12.11	COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	364

12.0 RESUME DE LA VISITE

Cette propriété est localisée "à cheval" sur l'axe d'un anticlinal local. L'on retrouve de part et d'autre de la zone minéralisée des roches volcaniques de bonne compétence. Le gisement est constitué de sulfures massifs (Cu, Zn) et mesure environ 800 pi (240m) de longueur et 400 pi (120m) de largeur; il est sub-vertical et plonge à 25-30 vers le NO.

Sur la moitié de sa longueur et jusqu'à 450 pi (137m), il a été miné par un puits à ciel ouvert. La portion NO plonge sous une couche d'andésite qui contitue l'actuel pilier de surface. Celui-ci est recouvert de 25 à 76 pi (7.6 à 23m) de morts-terrains composé surtout d'argile.

La méthode de minage par long trous avec rembayage hydraulique (non-cimenté) est utilisée depuis le début des opérations pour miner les chantiers primaires. La compagnie complète actuellement la récupération des piliers en retraitant vers de puits de la mines.

Une partie de la calotte d'andésite a cédée peu après le soutirage du dernier pilier transversal et l'argile liquéfiée s'est entroduite au-travers de la roche brisée de quelques chantiers. Elle s'est par contre stabilisée en se mêlant au "sable des chantiers voivins et au minerai dynamité".

Une rétro-analyse de la situatin a permis de conclure qu'il était possible de poursuivre l'extraction dans la partie supérieure du gisement en ajoutant constamment du

remblai en surface de façon à ce qu'il descende dans les chantiers sous-jacents. L'opération s'apparente alors à la méthode du sub-level caving.

Le pilier de surface résiduel, non affecté par la rupture initale, est probalement toujours en place.

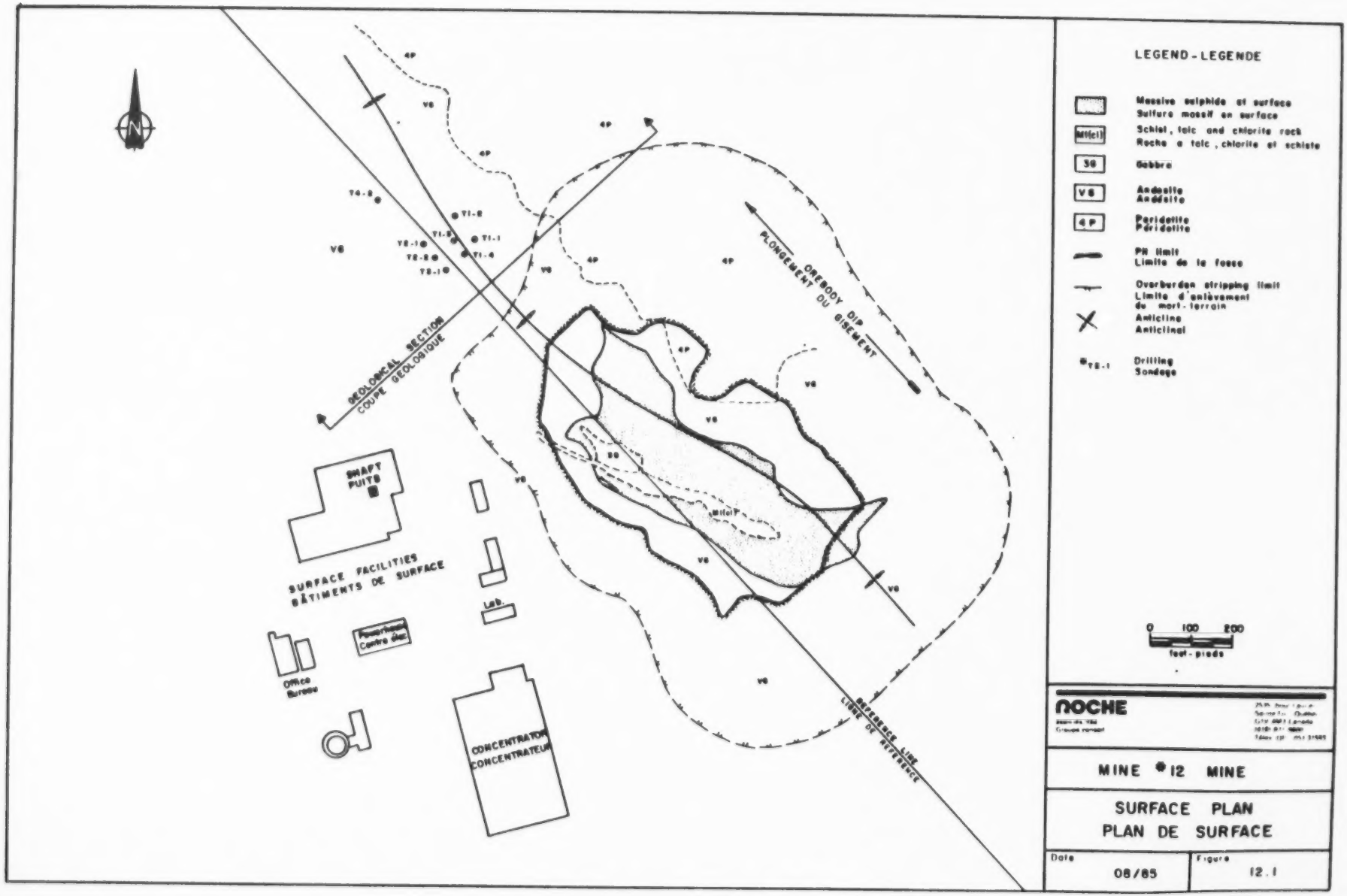
12.1 INFORMATIONS GENERALES

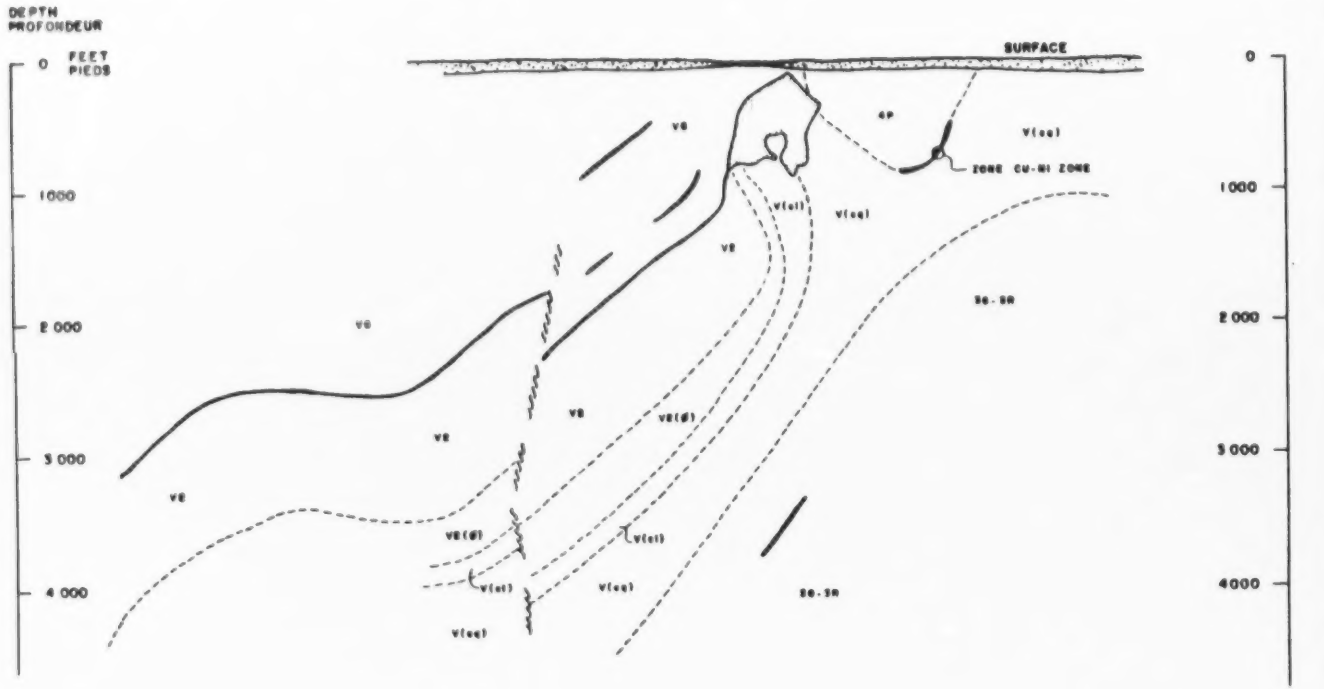
.Géologie régionale

La propriété est située dans la partie sud de la province du Supérieur, dans une région caractérisée par un anticlinal important plongeant vers l'ouest. Le centre de celui-ci est occupé par des formations de gabbro et d'anorthosite déjà en place avant la déformation. La mine se retrouve sur le flanc sud de l'anticlinal, composé de roches volcaniques avec à la base une rhyolite sur laquelle se superpose de l'andésite. Ces deux formations sont séparées par une bande variant de 2 à 10 pi (0,6 à 3m) d'épaisseur de roches méta-pyroclastiques et/ou méta- sédimentaires connue sour le nom général de "tuffite-clef". Cette bande sert d'indicateur de la minéralisation. La trace de la schistosité des laves est parallèle au grand axe du complexe (voir Fig.12-1) régional.

.Géologie locale

Le dépôt se situe dans l'axe (plongeant vers le NO) d'un second anticlinal de moindre envergure. Le pendage général des unités de roches est d'environ 40-45° SO; la séquence des formations, réprésentée à la figure 12.2 permet de visualiser la position de chacune d'elles et de constater le redressement de la partie supérieure des unités rocheuses où est situé le dépôt.


LEGEND - LEGENDE
Massive sulphide at surface
Sulfure massif en surface
Schist, talc and chlorite rock
Roche a talc, chlorite et schiste
Gabbro
Andesite
Andésite
Peridotite
Péridotite
PR limit
Limite de la fosse
Overburden stripping limit
Limite d'enlèvement du mort-terrain
Anticline
Anticlinal
Drilling
Sondage
0 100 200
feet - pieds
OREBODY DIP
PLONGEMENT DU GISEMENT
GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE
SHAFT
PUITS
SURFACE FACILITIES
BÂTIMENTS DE SURFACE
Lab.
Office
Bureau
CONCENTRATOR
CONCENTRATEUR
REFERENCE LINE
LIGNE DE RÉFÉRENCE
NOCHE
MINE #12 MINE
SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE
Date
08/85
Figure
12.1



LEGEND - LEGENDE

SUFFIX - SUFFIXES

c: chlorite
t: talc
q: quartz

- Massive sulphide / Sulphure massif
- V2 — Rhyolite
- V2(ø) — Chloritized rhyolite / Rhyolite chloritisée
- V — Volcanic rock / Roche volcanique
- V2 — Andesite / Andésite
- 30-3R — Gabbro - Anorthosite
- 4P — Peridotite / Péridotite
- Tuffite

0 500 1000
FEET - PIEDS

NOCHE

MINE # 12 MINE

GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE

Date	Figure
08/85	12.2

.Caractéristiques du gisement

La zone minéralisée est composée de 60 à 70% de sulfures massifs dont les minéraux économiques sont le cuivre et le nickel. La présence de cet horizon stratiforme démontre l'origine volcanogénique de la minéralisation. Par contre, à la suite d'une série complexe de plissements, la couche de sulfures a été recourbée sur elle-même pour former le noyau du dépôt, de forme plutôt massive et orientée NO-SE, parallèlement à l'axe de l'anticlinal local.

La partie SE du dépôt qui affleurait presqu'en surface a été minée par la méthode à ciel ouvert jusqu'à une profondeur d'environ 450 pi (137m). Par la suite, les chantiers souterrains ont été prolongés jusqu'au fond de la mine à ciel ouvert. Quant à la partie NO du dépôt, celle qui nous intéresse présentement, plonge de 25 à 30° vers le NO. Les dimensions approximatives totales du gisement sont donc:

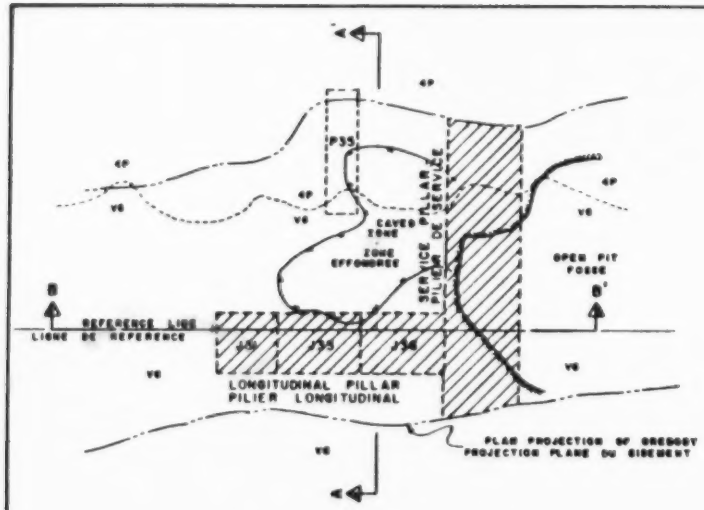
Longueur	Largeur	Profondeur
800 pi (240m)	400 pi (120m)	1 000 pi (300m)

Son pendage est près de la verticale, avec une partie supérieure en forme de dôme et une plongée NO. La production est continuelle à raison d'environ 2 300 tonnes par jour sur une base de six (6) jours par semaine.

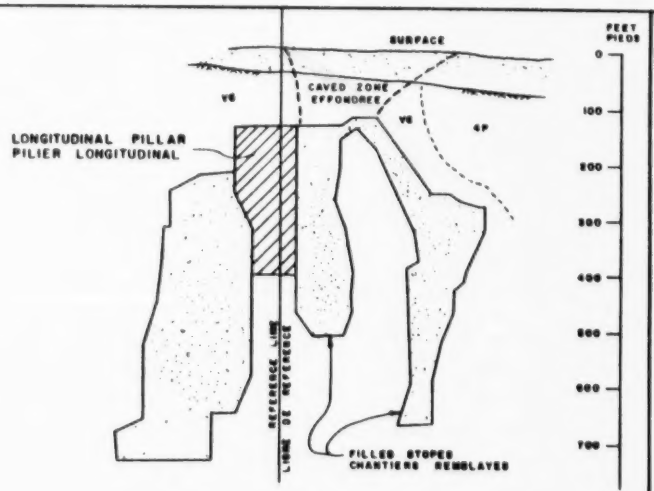
La représentation schématique de la figure 12.3 ci-jointe, permet de bien apprécier la configuration de la zone étudiée et de visualiser la géométrie du problème, tel qu'il se présentait avant l'effondrement de la calotte d'andésite.

Dans cette histoire de cas, la notion de pilier de surface ne peut être appliquée à des chantiers individuels. Il faudra plutôt regarder l'ensemble de la partie supérieure du gisement.

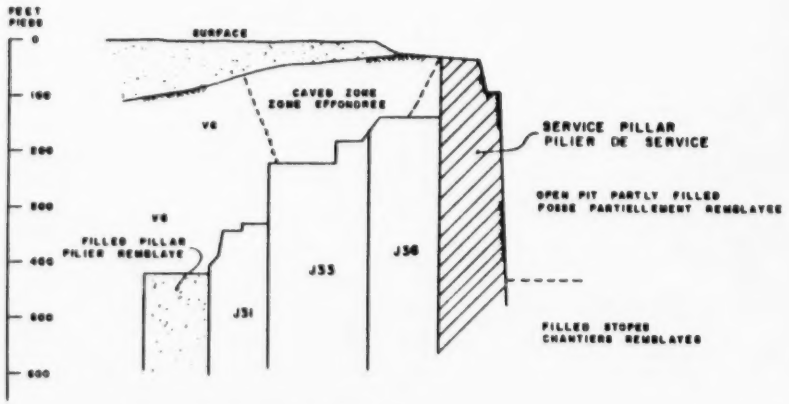
Notons enfin que presque toute la mine souterraine est actuellement remblayée et que la compagnie est à compléter la récupération des piliers.



PLAN VIEW - VUE DE PLAN



TRANSVERSAL SECTION A-A'
COUPE TRANSVERSALE



LONGITUDINAL SECTION B-B'
COUPE LONGITUDINALE

LEGEND - LEGENDE

V6 Andesite
Andésite

4P Peridotite
Péridotite

0 100 200
FEET - PIEDS

NOCHE

MINE "12 MINE

GEOMETRY OF PILLARS
GEOMETRIE DES PILIERS

Date	Figure
08/85	12.3

12.2 ENVIRONNEMENT MINIER

La propriété est isolée de toute autre excavation à l'échelle du gisement. Selon son axe longitudinal, la partie SE a été totalement minée jusqu'en surface et remblayée au-dessus de la zone des piliers de surface et l'on retrouve un peu de rejets du moulin ainsi que de 26 à 76 pi (7,8 à 22,8m) de morts-terrains.

Il y a eu de la subsidence en surface causée par l'effondrement des piliers de surface. Nous verrons plus loin les étapes chronologiques qui ont conduit à cette situation.

Des bâtiments importants, tels que concentrateur, chevalement, etc. sont situés sur le côté sud du puits et ont fait l'objet d'une attention spéciale, quoique localisés dans la formation d'andésite habituellement compétente.

12.3 MORTS-TERRAINS

.Etudes et travaux

A cause de la forme particulière du gisement, plusieurs trous de forage au diamant ont été placés directement au-dessus du pilier de surface. La quantité d'informations disponibles a permis de produire une carte où sont représentées les courbes de niveaux de l'élévation du socle rocheux, à intervals de 10 pi (3m) et par voie de conséquence, de définir l'épaisseur du mort-terrain. En plus de ces données, une étude géotechnique a été menée dans cette même zone, incluant les travaux suivants:

T1: (4) forages sans échantillongae jusqu'au socle rocheux.

T2: (2) Forages avec échantillonage des morts-terrains; détermination des profils scissométriques et carottage dans le roc.

T3: (1) Forage d'observation sans échantillonnage des sols et carottage jusqu'à une profondeur de 75 pi (23m) dans le roc.

T4: (2) Forages avec échantillonnage complet jusqu'au roc profils scissométriques, deux essais de perméabilité"in situ" et installation de piézomètres.

La localisation de ces travaux apparaît sur la figure 12.1 déjà présentée.

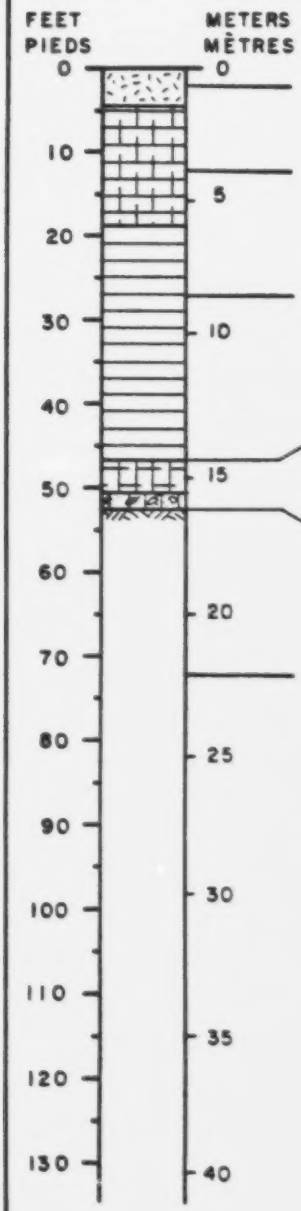
.Stratigraphie et caractéristiques

Les sols qui recouvrent la zone du pilier de surface sont principalement composés de till et d'argile. La figure 12.4 représente une coupe stratigraphique typique et l'on retrouvera au tableau 12.1 les caractéristiques mécaniques de ces sols. En bref, il s'agit d'un dépôt important d'argile lacustre de faible résistance mécanique et de forte compressibilité. L'argile a une consistance très raide en surface (sujette au dessèchement et à l'oxydation) et une plasticité élevée; en profondeur elle devient plus et molle.

L'auteur de cette étude conclut en statuant que les principaux points à retenir concernent l'argile varvée grise. Celle-ci est pratiquement imperméable, très sensible au remaniement et sa consistance est molle. Il s'agit d'un matériau important à considérer dans toute étude de piliers de surface. L'étude (très bien structurée) présente également un résumé analytique sur le potentiel de liquéfaction de chacun des sols présents en surface reproduits à la figure 12.5.

Nous savons (voir fig. 12.1) que la totalité des sols originalement situés au-dessus du puits à ciel ouvert ont été enlevés; une pente de 1.5 ayant été laissée en bordure de la crête de l'excavation. Les sols situés dans le secteur NO sont toujours en place, sauf au-dessus de la zone effondrée que nous décrirons plus loin dans ce texte.

SOIL STRATIGRAPHY
STRATIGRAPHIE DU SOL



Fill material (crushed rocks, sand and gravel)
Matériel de remblai (pierre concassée, sable et gravier)

Firm to very stiff, silty clay
Argile silteuse de ferme à très raide

Soft to firm, varved clay
Argile varvée de molle à ferme

Very dense, silt with variable % of clay
Silt avec % variable d'argile, très dense

Very dense, basal till
Till de base, très dense

Rock : andesite
Roc

Note: Du forage T1-2
From T1-2 borehole

ROCHE associés ltée Groupe-conseil 2535, boul. Laurier, Sainte-Foy, Québec, G1V 4M3 Canada (418) 871 9600 Télex: OBC 051 31583	MINE # 12 MINE	Date 07-1985	Figure 12.4

SOILS CHARACTERISTICS

CARACTÉRISTIQUES DES SOLS

TABLE: 12.1
TABLEAU: 12.1

PARAMETERS PARAMÈTRES		CLAY ARGILE	VARVED CLAY ARGILE VARVÉE	SILT SILT	SAND, GRAVEL SABLE GRAVIER	
UNIT WEIGHT POIDS VOLUMIQUE	lb/ft^3 (kN/m^3)	-	-	121 (19)	166 (26)	
LIQUID LIMIT LIMITE DE LIQUIDITÉ	%	54-65	59	-	-	
PLASTIC LIMIT LIMITE DE PLASTICITÉ	%	19-26	27	-	-	
WATER CONTENT TENEUR EN EAU	%	35-65	55-61	-	6.6	
APPARENT COHESION COHÉSION APPARENTE	lb/ft^2 (kN/m^2)	2465-522 (118-25)	1211-313 (58-15)	-	-	
EFFECTIVE COHESION COHÉSION EFFECTIVE	lb/ft^2 (kN/m^2)	-	-	-	-	
APPARENT ANGLE OF FRICTION ANGLE DE FROTTEMENT APPARENT		-	-	-	-	
SPT BLOW COUNT NOMBRE DE COUPS SPT		-	-	44-51	38-100	
COEFFICIENT OF PERMEABILITY COEFFICIENT DE PERMÉABILITÉ	cm/s	10^{-5}-10^{-6}	10^{-7}	$3.9x10^{-4}$	$2.7x10^{-3}$	
SENSITIVITY SENSIBILITÉ		5-10	6-13	-	-	

TYPE de SOL	DISCUSSION	POTENTIEL de LIQUEFACTION en DATE d'AVRIL 1982
Till glaciaire	Dans le forage T4#2, le till montre des grains fins et il se trouve sous la nappe d'eau. Il s'agit de 2 conditions pouvant conduire à la liquéfaction. Cependant, le dépôt est très dense, ce qui le rend peu susceptible à se liquéfier.	Faible à nul
Sable et gravier	Le dépôt de sable et gravier dans le T4#[illegible] est plutôt grossier, il est dense à très dense et il est au-dessus de la nappe d'eau. Il risque de ne pas se liquéfier. Cependant, il est drainant, ce qui pourrait permettre une alimentation considérable en eau.	Faible
Silt	Le dépôt de silt est fin. Cependant, il se trouve au-dessus de la nappe et il est dense. Malgré les conditions favorables sur le terrain, il s'agit néanmoins d'un sol essentiellement non plastique et conséquemment très érodable par l'eau	Moyen à faible
Argile	Le dépôt d'argile est problématique à cause de sa faible perméabilité. Même s'il se trouve au-dessus de la nappe phréatique, sa teneur en eau est élevée, notamment dans l'argile grise. Ce fait combiné à la sensibilité élevée de l'argile ($St > 10$) rend le sol très instable lorsque remanié. Il s'en suit que le sol aura tendance à devenir un liquide ou boue visqueuse lorsque remanié (tremblement de terre, chocs de dynamitage...etc). Ce phénomène se manifestera plus aisément dans l'argile grise que l'argile brunâtre. Voici quelques indices additionnels d'une argile très sensible au remaniement. $W \geq WL$ $IL \geq 1,0$	Elevé (arg. grise) Moyen (arg. brune)

FIG. 12.5 SOILS DESCRIPTION
DESCRIPTION DES SOLS

12.4 MASSIF ROCHEUX

.Nature des roches

Dans la partie supérieure du dépôt, on n'y retrouve que les roches volcaniques les plus récentes, i.e. issues des dernières phases d'activités de l'époque archéenne. La minéralisation est confinée sous l'horizon d'andésite qui compose à la fois l'éponte supérieure et le pilier de surface. Du côté nord, l'éponte inférieure est formée par la péridotite. Il peut y avoir à l'occasion des intrusions ou des dykes de gabbro, rhyolite et diabase. La minéralisation, nous l'avons déjà indiqué, est composée de sulfures massifs finement lités.

Toutes les formations situées au sud du dépôt ont subies un métamorphisme très faible, en général, une chloratisation. Par contre, sous le dôme minéralisé où la flexion des formations a été excessive, les unités de rhyolite sont fortement chloritisées, fragmentées et talqueuses.

.Géologie structurale

Aucune interprétation simple de la structure n'était disponible à la mine. On comprendra que les dimensions de ce gisement sont telles qu'une description sommaire ne peut être réalisée. Retenons toutefois que le réseau de fracturation lié aux phases tectoniques est reconnu comme un important facteur de contrôle de la minéralisation. Ce réseau principal de fractures et de failles est orienté parallèlement à la direction de l'axe du plissement local, soit EO, sans toutefois présenter de continuité précise.

L'intrusion de la péridotite située sur le versant nord du dépôt a de plus créé un second réseau de fracturation de direction NS.

.Caractéristiques

Il n'y a pas de données quantitatives sur les propriétés géomécaniques des roches présentes aux niveaux supérieurs de la mine. De façon générale, l'andésite qui forme l'éponte supérieure et recouvre la zone de sulfures est de bonne compétence. Aucune mesure de RQD ou classification n'est toutefois utilisée à cette mine. La densité moyenne des principaux types de roches est la suivante:

Rhyolite	2.50
Andésite	2.66
Gabbro	2.98
Péridotite	3.00
Sulfures	3.55

Une caractéristique importante à noter est la netteté des contacts entre le minerai et les roches des épontes. Celles-ci présentent un faible degré de chloritisation et la roche hôte est très peu affectée. Dans cet ordre d'idées, il semble que l'andésite origine d'une période postérieure à la minéralisation et soit demeurée beaucoup plus "fraiche" que les formations situées au coeur ou sous le gisement (voir fig. 12.1).

12.5 CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES

.Morts-terrains

Une série de quatre (4) trous a été utilisée pour l'installation de piézomètres ouverts conventionnels. Deux (2) d'entre eux ont été installés au niveau de l'argile. Les deux autres au niveau du contact sol/roc. Ces piézomètres indiquent que le niveau de la nappe phréatique se situe soit au contact avec le roc ou soit dans le till glaciaire de base. Ce niveau a été établi approximativement à l'aplomb de l'axe longitudinal du gisement. Si, par contre, on s'éloigne ver le sud, les piézomètres n'indiquent plus d'eau (voir fig. 12.1).

Il semble donc que l'eau ne soit pas un problème majeur à cette propriété. Un rapport interne indique d'ailleurs que, considérant entre autre la faible épaisseur des couches de till et de silt (et même si ces couches peuvent être draineés), il n'est pas nécessaire d'investir dans le domaine.

.Massif rocheux

Le taux de pompage de cette opération est relativement faible considérant l'étendue des chantiers. Incluant les variations saisonnières, on évacue l'eau à un taux de 210 à 250 (I)GPM (16 à 19 l/s) Le roc contient peu de fractures ouvertes susceptibles de transporter l'eau. Dès le début des opérations, la compagnie a injecté du coulis pour colmater avec succès les fissures; la mine a donc toujours été relativement sèche compte tenu l'utilisation répandue de remblai hydraulique.

12.6 OPÉRATIONS MINIÈRES

.Méthode(s) d'exploitation

Le gisement est exploité par la méthode des longs trous avec remblayage retardé; en général, il s'agit de remblai hydraulique avec toutefois quelques exceptions au niveau des chantiers supérieurs de la mine où le remblai "sec" (sable) a été utilisé. Les chantiers sont minés transversalement au grand axe du dépôt. Ils ont 60 pi (18m) de largeur, de 300 à 400 pi (90 à 120m) de hauteur et de 60 à 100 pi (18 à 30m) de longueur.

.Conditions d'opération

Dans une première phase, le minage s'est effectué en général du haut vers le bas de la zone minéralisée. Des piliers transversaux, de 60 pi (18m) de largeur, étaient laissés entre chaque chantier primaire, combinés dans le secteur ouest du gisement avec un pilier longitudinal de 110 pi (33m) et un pilier de service de 130 pi (39m). La figure 12.3 représente schématiquement la configuration de cet arrangement. La compagnie complète actuellement la récupération des piliers et vise une récupération de 100% du minerai; notons qu'il y a eu peu de dilution provenant des murs alors qu'actuellement un certain pourcentage de remblai est inévitablement mêlé au minerai. Les chantiers primaires étaient forés à l'aide de trous d'un diamètre de 2 po (5cm), à partir de sous-niveaux espacés d'environ 70 pi (21m).

Les piliers pour leur part sont dynamités avec des trous d'un diamètre de 4 po (10cm), forés selon un patron de 4.5 pi (1,4m) (fardeau) par 12 pi (3,6m) (espacement). Les opérateurs utilisent un facteur poudre moyen de 0.4 lbs/tonne (.18kg/t) et une charge maximum de 13 000 lbs (5 900kg) d'explosifs par délai.

12.7 SOUTÈNEMENT ET MÉTHODES DE RENFORCEMENT

.Soutènement primaire

Dans les débuts de l'opération, la stabilité du toit et des murs était assurée par l'abandon de piliers, tel qu'illustré au chapître précédent. Après la récupération de ceux-ci, les épontes sont stabilisées par la redistribution des contraintes et l'utilisation du remblayage hydraulique.

De façon générale, la compagnie n'a pas connue de problème de stabilité sauf, comme nous le verrons plus loin, au niveau du pilier de surface.

.Remblayage et renforcement

Le remblai utilisé est composé exclusivement de rejets classifiés de moulin (afin d'éliminer les fines) pompés sous terre à une densité de 70% solide (% poids). La capacité de l'installation est d'approximativement 350 tonnes/heure.

Localement, la compagnie utilise des boulons conventionnels de 5 pi (1,5m) dans les murs et de 7 pi (2,1m) au toit, selon un patron de 4 X 4 pi (1,2 x 1,2m). Dans les galeries de roulage, il est fréquent d'utiliser des câbles cimentés de 10 à 20 pi (3 à 6m) de longueur à raison de 7 unités par 8 pi (2,4m) de galerie.

12.8 PROGRAMME DE SURVEILLANCE

.Mesure des contraintes

Ce type de mesure n'a pas été réalisé à cette opération.

.Mesure des déplacements

C'est à la suite de l'effondrement de la calotte d'andésite (ou la partie la plus mince du pilier de surface) que des mesures de déplacement ont été prises en surface. Le but de ce travail était de vérifier l'étendue et l'ampleur de la subsidence. Le système utilisé était composé d'une série de tiges cimentées arpentées périodiquement. Les tiges étaient localisées au NO du dépôt, autour de la zone effondrée.

.Autres programmes

Aucun autre programme d'intérêt pour cette étude n'était en vigueur.

12.9 CONCEPTION DES PILIERS DE SURFACE

.Personnel impliqué

Dans ce cas particulier, la conception du pilier de surface est liée au minage du gisement, puisque la limite supérieure d'extraction est fixée par la géométrie du dépôt. Les personnes responsables du design sont indiquées à la figure 12.6. Le travail se fait en collaboration étroite entre les trois (3) divisions: minage, ingénierie et géologie.

A notre connaissance, une première étude d'évaluation des sols et de la nappe d'eau situés au-dessus du pilier de surface a été menée par une firme extérieure. Une seconde étude portait sur le comportement des argiles qui se sont écoulées dans les chantiers (suite à l'effondrement d'une partie du pilier de surface) et les mesures correctives nécessaires pour prévenir ou minimiser l'effet d'un second écoulement ou de la progression du premier. Enfin, une étude interne synthétise ces évaluations et propose une méthode de minage du pilier longitudinal.

.Etapes chronologiques

La stabilité de la calotte d'andésite composant le pilier de surface est à notre avis beaucoup plus liée à la séquence de minage des chantiers sous-jacents qu'à des problèmes de contraintes tectoniques ou de zones majeures de mauvais terrain.

ORGANIZATION CHART - PILLARS DESIGN
ORGANIGRAMME - CONCEPTION DES PILIERS

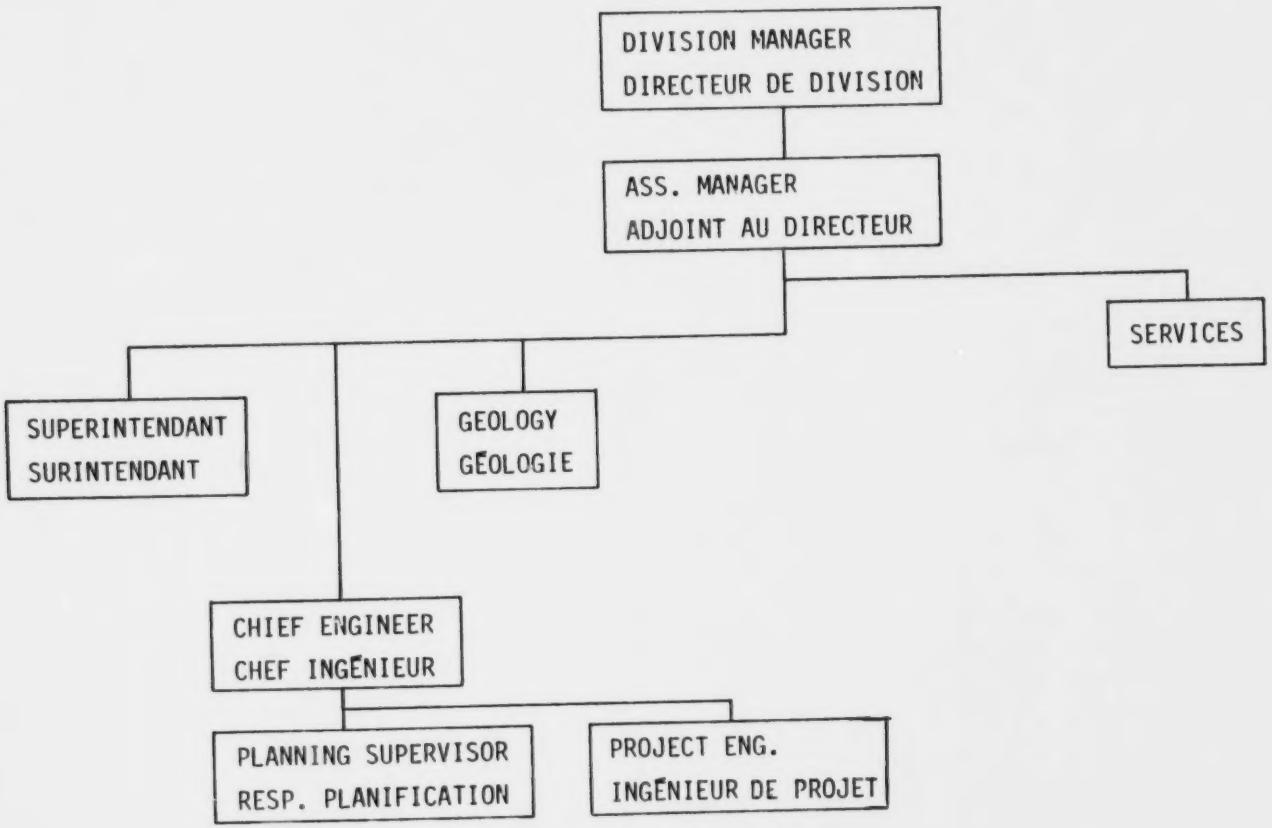


FIG. 12.6

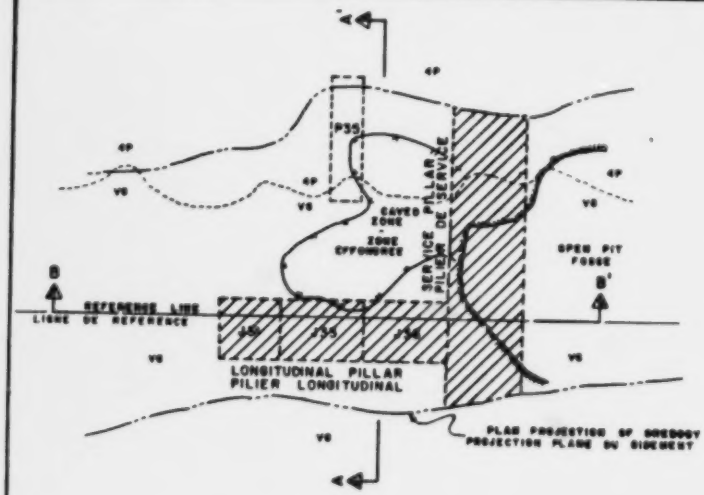
Dans le but de décrire de façon claire et précise l'évolution de la situation dans le temps, nous présentons ci-dessous la liste des évènements qui se sont déroulés dans le secteur supérieur ouest de la propriété, la figure 12.7 servant de référence. En section, le pilier de surface aura donc une forme triangulaire de quelque 410 pi (125m) de longueur et d'épaisseur variant de 110 pi (33m) à 260 pi (79m). Sa largeur vue en plan correspond à la partie la plus étroite de la zone minéralisée, soit environ 300 pi (91m). Ce volume de roc sera progressivement sous excavé de la façon suivante:

i) Minage des chantiers primaires ayant 60 pi (18m) de largeur, alternant avec des piliers transversaux également de 60 pi (18m) de largeur. Toute la zone minéralisée est excavée jusqu'aux limites minerai/stérile, exception faite d'un pilier longitudinal de 110 pi (34m) de largeur et du pilier de service transversal de 130 pi (40m) de largeur.

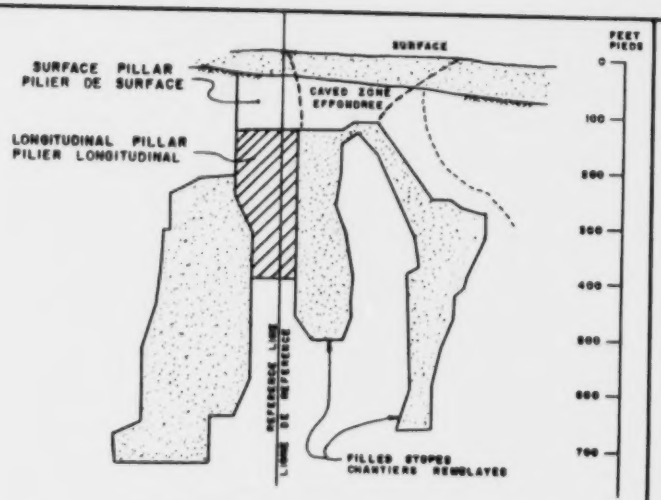
ii) Remblayage des chantiers primaires avec des rejets classifiés non-cimentés.

iii) Minage du secteur "est" de la propriété par puits à ciel ouvert. De ce côté, la calotte se trouve alors détachée du massif environnant. Par contre, ce secteur est complètement remblayé, le remblai prenant appui sur le pilier de service.

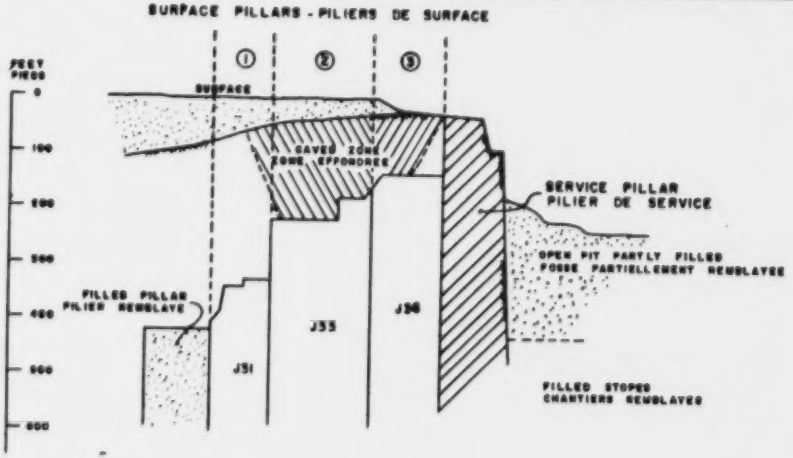
iv) Récupération séquentielle des piliers transversaux. Il est prévu de miner le pilier de service "H" en dernier, précédé du pilier longitudinal.



PLAN VIEW - VUE DE PLAN



TRANSVERSAL SECTION A-A'
COUPE TRANSVERSALE



LONGITUDINAL SECTION B-B'
COUPE LONGITUDINALE

LEGEND - LEGENDE

V6 Andesite
Andésite

4P Peridotite
Péridotite

0 100 200
FEET - PIEDS

noche

MINE # 12 MINE

GEOMETRY OF PILLARS
GEOMETRIE DES PILIERS

Date	Figure
08/85	12.7

v) A un certain moment, la calotte d'andésite n'est plus supportée que par le pilier longitudinal au sud, le pilier de service à l'est et le pilier transversal P-35. Le sautage de ce dernier pilier entraînera l'effondrement de la partie la plus mince de la calotte rocheuse.

vi) Ré-évaluation de la situation et adoption de mesures correctives.

vii) Sautage du pilier longitudinal et de la moitié nord du pilier de service.

Une rétro-analyse faite par la compagnie indique que l'on avait soutiré 35 000 tonnes du chantier P-35 ou l'équivalent d'une hauteur de 40 pi (12m) avant l'effondrement du socle rocheux. Même si le remblai des chantiers adjacents a certainement quelque peu glissé dans le P-35, il s'est formé un vide théorique d'environ 200 X 55 X 40 pi (60 x 16,5 x 12m) de hauteur avant la rupture du pilier de surface. L'argile liquéfiée s'est alors infiltrée progressivement au-travers du minerai brisé jusqu'au niveau 460 ou 450 pi (137m) sous la surface et la compagnie a dû stopper le soutirage de ce chantier à cause d'une dilution excessive. Par contre, la portion inférieure de ce même pilier, du niveau 740 au 460 a été récupérée en entier; signe évident que l'argile est devenue plus cohésive en se mêlant à d'autres matériaux.

Dans la séquence des évènements relatés plus haut, l'adoption de mesures correctives est une étape très importante qui s'est avérée efficace à court terme et a permis de poursuivre la récupération du minerai de la zone supérieure du gisement. En effet, deux (2) firmes indépendantes ont examiné les faits et concluent que l'argile mêlée à un contenu élevé de sable et gravier ou de matériel de remblayage provenant du concentrateur, devenait moins fluide, limitant ainsi son infiltration.

La compagnie a donc immédiatement procédé au remblayage de la zone effondrée avec des rejets classifiés. Présentement, une superficie de beaucoup supérieure à la zone effondrée est recouvert de remblai.

La dernière étape (actuellement en voie de réalisation) consiste à utiliser l'ouverture créée par l'effondrement comme cheminée de remblayage.

Le remblai déposé en surface se mêlera à l'argile et le tout viendra s'appuyer au-dessus du minerai dynamité. Le pilier longitudinal composé des piliers J-31, J-33 et J-36 sera alors sauté et soutiré dans la séquence illustrée à la figure 12.8. De cette façon, on estime pouvoir contrôler la progression de la rupture de la calotte d'andésite. Si par contre elle cède, le remblai servira de coussin et se mêlera à l'argile évitant ainsi tout risque d'infiltration.

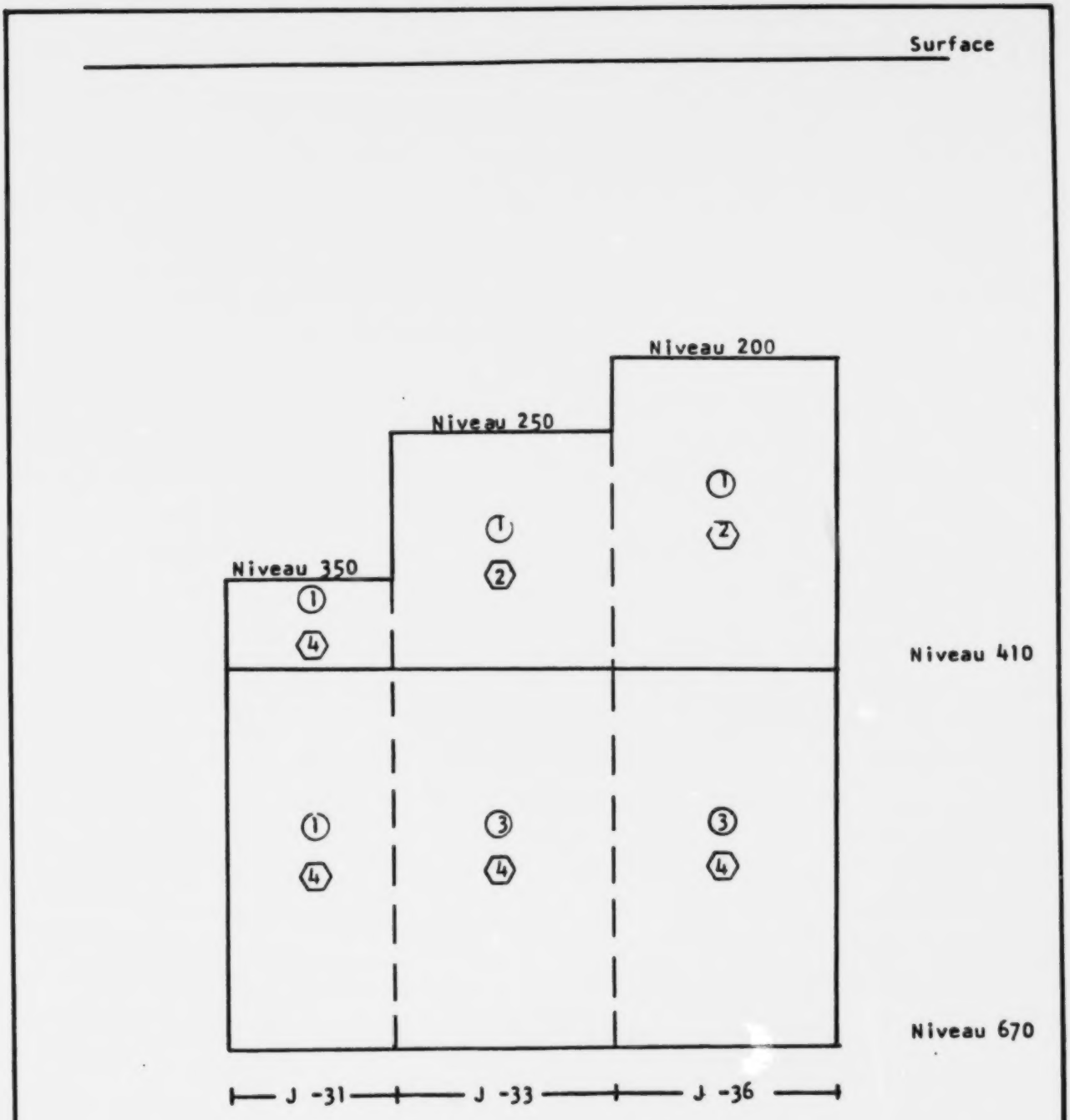


FIG. 12.8 MINING SEQUENCES
SEQUENCES DE MINAGE

.Facteurs de conception

Comme nous venons de le voir, la philosophie d'approche de la compagnie consiste beaucoup plus à contrôler l'instabilité qu'à concevoir un pilier de surface stable. Evidemment, l'effondrement initial n'était pas prévu et peut servir de référence pour la conception d'un pilier stable. Dans cette opération, le remblai semble avoir joué un rôle limitatif très important en minimisant l'étendue de la rupture.

.Dimensions des piliers

Pour les besoins de cette étude, nous séparerons ce pilier de surface en trois (3) tranches transversales, correspondant aux toits des chantiers J-31, 33 et 36, afin de faire ressortir la progression du rapport épaisseur/largeur. Les dimensions obtenues sont compilées au tableau 12.2 et illustrées à la figure 12.7.

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 12,2
TABLEAU 12,2

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#1	#2	#3					
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	-	-	-					
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	50 (15)	50 (15)	50 (15)					
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	110 (33,5)	180 (55)	260 (79)					
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	300 (91)	300 (91)	300 (91)					
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	130 (40)	180 (55)	100 (30)					
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		0,4	0,6	0,9					
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)	380 (116)	260 (79)	500 (152)					
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI	feet-pi. (m)	380 (116)	260 (79)	500 (152)					

12.10 EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE

Il n'y a plus d'accès au niveau du pilier de surface. Toutefois, nous avons examiné l'éponte supérieure du dépôt, parallèlement au pilier longitudinal dynamité jusqu'au niveau 410. On constate l'influence de la relaxation du massif qui localement suinte et se détache par strates vers le chantier. Il n'est pas possible de vérifier directement si le remblai occupe tout l'espace créé par le soutirage du bloc. Il est par contre évident qu'il a atteint le niveau des points de soutirage du 450. Le modèle d'un écoulement en silo pourrait probablement s'appliquer dans ce cas.

L'examen de la surface permet de constater que le remblai s'infiltre sous-terre, tel que planifié. De nombreuses fissures de tension apparaissent autour de la zone de subsidence et les ancrages autrefois utilisés pour mesurer les déplacements de surface sont maintenant inutilisables. Il est par ailleurs impossible (sans sondage) de savoir si l'effondrement de la calotte rocheuse s'est poursuivie.

12.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

De façon générale, la direction considère que tout programme de recherche axé sur la sécurité et l'efficacité des méthodes de minage serait essentiel à l'industrie minière canadienne. Sachant bien qu'il n'y a pas de recettes miracles et que chaque mine est particulière, l'on considère que l'expérience des autres opérations est importante.

MINE # 13

TABLE DES MATIERES

		PAGE
13.0	RESUME DE LA VISITE	367
13.1	INFORMATIONS GENERALES .Géologie régionale .Géologie locale .Caractéristiques du gisement	369
13.2	ENVIRONNEMENT MINIER	373
13.3	MORTS-TERRAINS .Etudes et travaux .Stratigraphie et caractéristiques	374
13.4	MASSIF ROCHEUX .Nature des roches .Géologie structurale .Caractéristiques	376
13.5	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES .Morts-terrains .Massif rocheux	379
13.6	OPERATIONS MINIERES .Méthode(s) d'exploitation .Conditions d'opération	380
13.7	SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT .Soutènement primaire .Remblayage et renforcement	381
13.8	PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE .Mesure des contraintes .Mesure des déplacements .Autres programmes	383
13.9	CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE .Personnel impliqué .Etapes chronologiques .Facteurs de conception .Dimensions des piliers	384
13.10	EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	391
13.11	COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	393

13.0 RESUME DE LA VISITE

Le gisement est constitué de sulfures massifs et disséminés contenant du cuivre et un peu d'or. La zone principale de minéralisation est située dans une bande de roches séricitisées entourées d'anorthosite. Le gisement montre un pendage moyen de 45° SE et est orienté NE.

Un lac d'une grande superficie recouvre l'ensemble des piliers de surface. Environ 10 pi (3m) de sols recouvrent les piliers: ces sols sont constitués de sable, silt, argile et de blocs de stérile déversés sur quelques piliers.

Le massif rocheux est séricitisé et oxydé dans la région des piliers de surface. Le niveau d'oxydation est du type "gossan" et divers minéraux de cuivre secondaire se sont développés. Les infiltrations d'eau dans les chantiers supérieurs sont limitées à des écoulements goutte à goutte.

Les chantiers ont été exploités par la méthode coupe et remblai. Le remblayage s'effectue jusqu'à 8 pi (2,4m) des toits.

Le dimensionnement des piliers de surface a été basé sur des considérations géométriques.

Aucun problème particulier n'a été mentionné quant à la présence du lac en surface.

Un programme d'inspection visuelle bien établie et un dispositif d'alarme installé dans un chantier en particulier témoignent du souci de la direction face au danger potentiel que représente le lac et les zones oxydées du massif rocheux.

13.1 INFORMATIONS GENERALES

.Géologie régionale

La propriété minière est située dans une ceinture de roches vertes de la province Supérieure, près de la limite de la province Grenville. Les roches sont constituées de laves mafiques et de pyroclastiques felsiques. Les faciès schistes verts caractérisent ces roches plissées selon la direction EO. De nombreuses intrusions d'âge archéenne variant de l'ultrabasique à granitique recoupent ces formations.

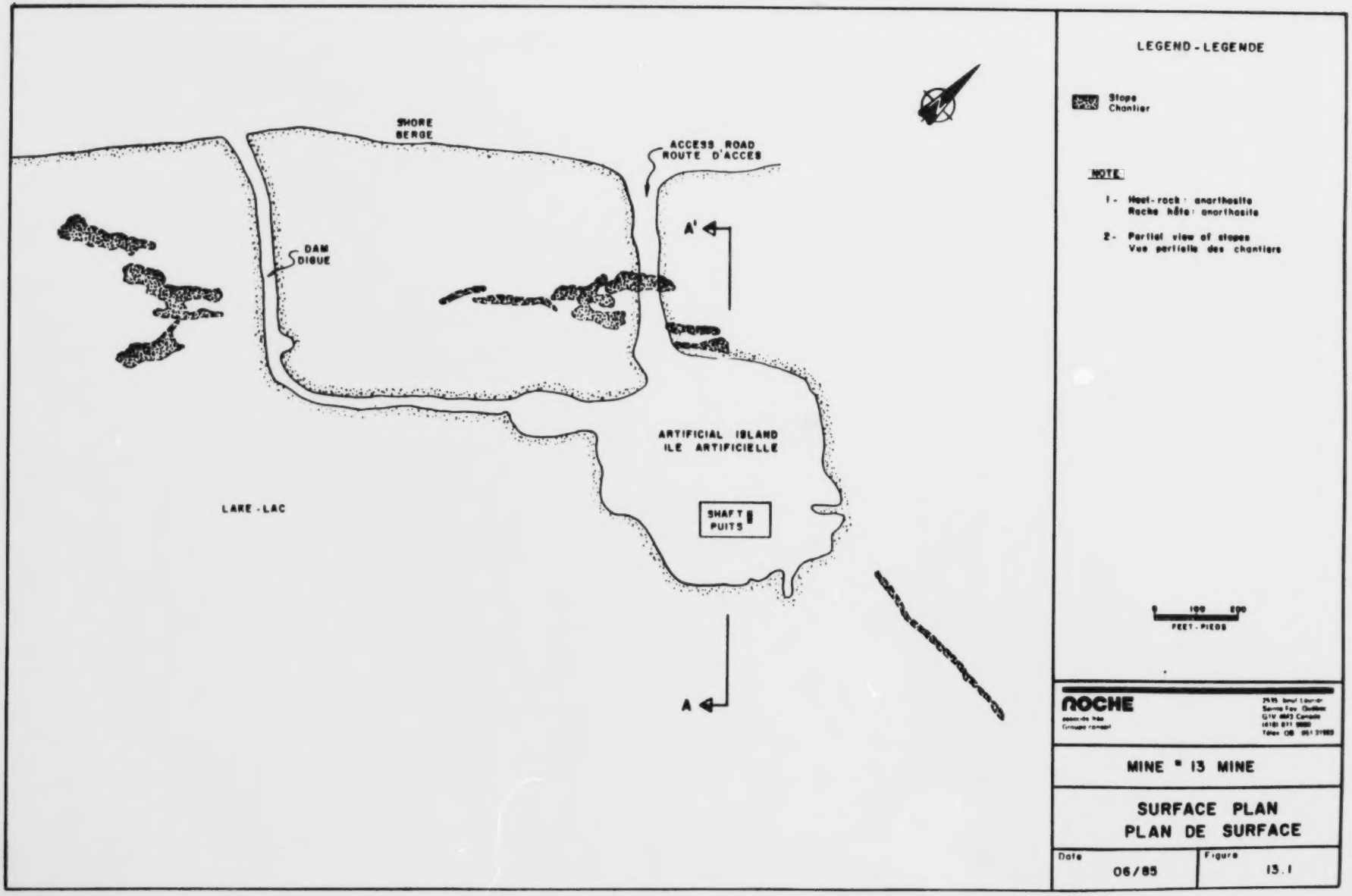
.Géologie locale

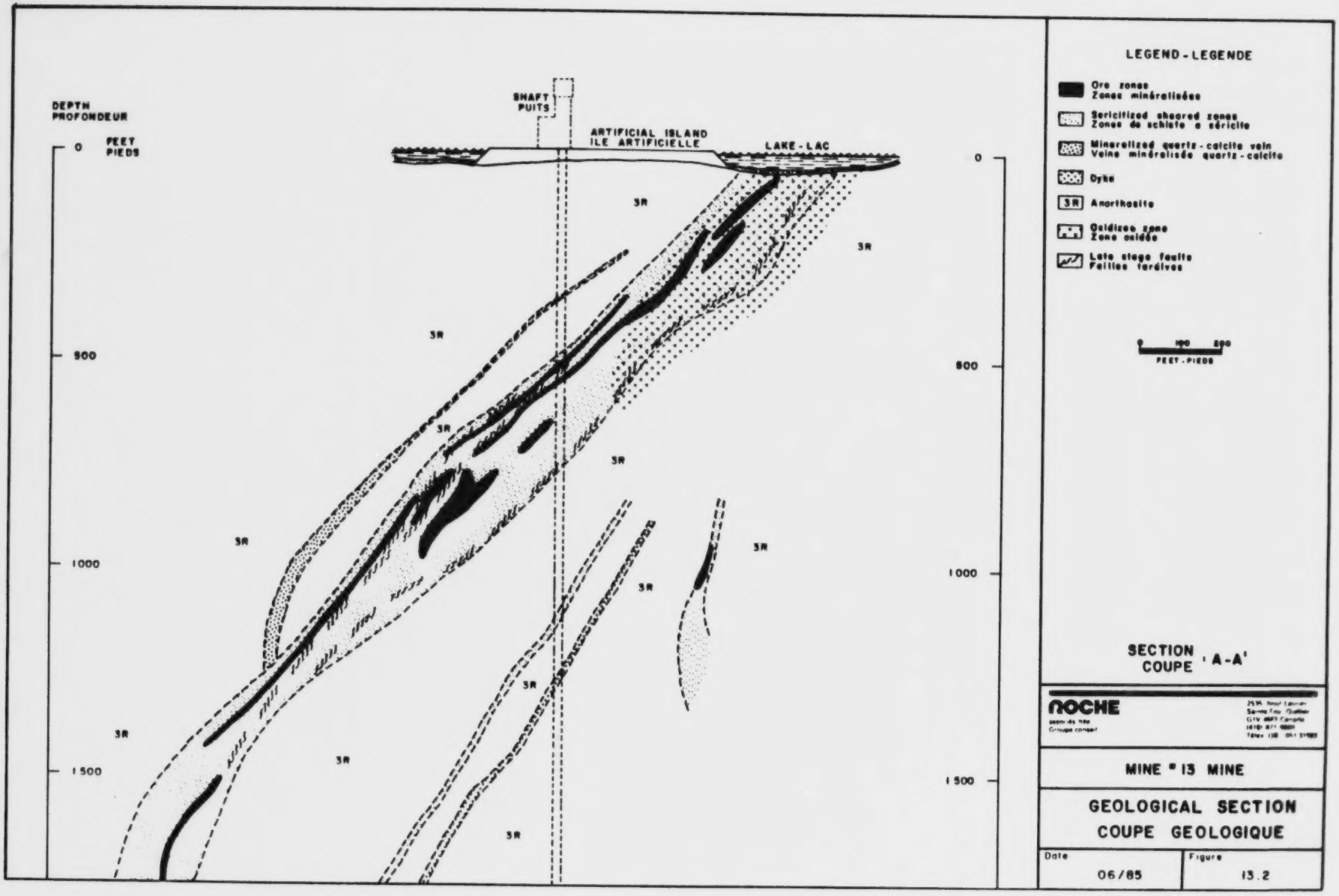
Une anorthosite contenant une zone cisaillée et minéralisée en cuivre et en or caractérise la région minière. (figure 13.1 et 13.2)

Deux anticlinaux orientés NE caractérisent respectivement une intrusion ultra-mafique située au nord de la propriété minière et une intrusion granitique au sud. Deux familles de failles orientées NE et NO recoupent les roches anorthositiques et les granites.

.Caractéristiques du gisement

Le gisement est localisé dans une zone de cisaillement séricitisée orientée NE avec un pendage d'environ 45° SE et dans des fractures subsidaires de direction approximative EO développées dans des roches anorthositiques.


SHORE
BERGE
ACCESS ROAD
ROUTE D'ACCES
A'
DAM
DIGUE
ARTIFICIAL ISLAND
ILE ARTIFICIELLE
LAKE - LAC
SHAFT
PUITS
A
LEGEND - LEGENDE
Stope
Chantier
NOTE
1 - Host-rock : anorthosite
Roche hôte : anorthosite
2 - Partial view of stopes
Vue partielle des chantiers
FEET - PIEDS
noche
MINE " 13 MINE
SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE
Date
06/85
Figure
13.1


DEPTH
PROFONDEUR
0
FEET
PIEDS
500
1000
1500
SHAFT
PUITS
ARTIFICIAL ISLAND
ILE ARTIFICIELLE
LAKE - LAC
3R
LEGEND - LEGENDE
Ore zones
Zones minéralisées
Sericitized sheared zones
Zones de schiste à séricite
Mineralized quartz - calcite vein
Veine minéralisée quartz - calcite
Dyke
Anorthosite
Oxidized zone
Zone oxidée
Late stage faults
Failles tardives
100
200
FEET - PIEDS
SECTION A-A'
COUPE
NOCHE
MINE # 13 MINE
GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE
Date
06/85
Figure
13.2

Des sulfures massifs et dissiminés contenant de la chalcopyrite, de la pyrite, de la pyrrhotite et de l'or, et une zone d'oxydation contenant des minéraux de cuivre secondaires caractérisent la zone de cisaillement. Des veines de quartz et de calcite minéralisées en chalcopyrite, pyrite, or et sphalérite par endroits, remplissent les fractures subsidaires.

Le gisement montre une forme tabulaire constituée en réalité de plusieurs veines comprises pour la plupart dans la zone principale de cisaillement séricitisée. Les caractéristiques physiques du gisement sont:

Longueur	Largeur	Profondeur
2 000 pi (610m)	10-170 pi (3-52m)	2 000 pi (610m)

Le gisement suit l'orientation de la zone séricitisée, soit NE et montre un pendage semblable à celle-ci (45°SE).

La production est continuelle et près de 800t sont exploitées journalièrement.

13.2 ENVIRONNEMENT MINIER

Les piliers de surface sont situés en dessous d'un lac de plusieurs milles carrés. Le puits est situé sur une île artificielle reliée à la berge par une route construite sur un remblai. Une digue a été construite entre l'île et rejoint la berge pour former, avec la route d'accès un bassin séparant une partie des piliers de surface du reste du lac (voir figure 13.1). La digue contribuerait à freiner considérablement une infiltration d'eau éventuelle dans cette partie de la mine et pourrait permettre la récupération de ces piliers.

Aucun signe de tassement n'a été observé sur la berge, la digue et l'île artificielle.

Deux mines souterraines sont situées dans le voisinage. La première est inactive et se trouve à environ 1 000 pi (305m) au sud de la mine visitée et est reliée à celle-ci par deux galeries situées au niveaux 275 et 525. Ces galeries sont fermées chacune par un mur de béton empêchant ainsi toute innondation éventuelle pouvant provenir de la mine inopérante.

La seconde mine est active et s'étend jusqu'à 100 pi (30m) de la mine visitée du côté NE.

Les chantiers des niveaux supérieurs des mines voisines sont remblayés et drainés.

13.3 MORTS-TERRAINS

.Etudes et travaux

Aucune étude géotechnique n'a été entreprise sur les sols recouvrant les piliers de surface. L'épaisseur moyenne des sols est estimée à environ 10 pi (3m) d'après quelques trous de sondage verticaux effectués à partir de la surface gelée du lac. Les trous de sondage ont été par la suite cimentés sur une largeur minimale de 60 pi (18m) à partir du collet. Le patron de forage était de 100 x 100 pi (30 x 30m) et la longueur des trous dépendait de l'information géologique que la direction voulait obtenir.

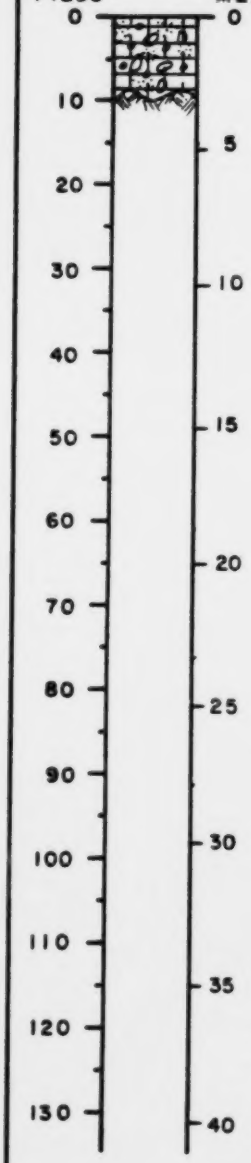
Actuellement, les trous de sondage effectués à partir de la surface et traversant une partie du gisement sont cimentés sur toute leur longueur.

Parmi les recommandations d'un géologue consultant, on mentionnait qu'il serait déconseillé de forer au travers de cette couche de sol: celle-ci agirait comme une couche imperméable.

.Stratigraphie et caractéristiques

Les sols recouvrant les piliers de surface sont composés d'argile, de silt, de sable et gravier et de blocs. La figure 13.3 illustre une coupe stratigraphique schématisée des sols reposant sur les piliers. Des roches stériles ont déjà été déversées dans le bassin mentionné à la section 13.2. Cette couche de stérile est évaluée à quelques pieds (mètres) d'épaisseur. La topographie du roc est irrégulière.

SOIL STRATIGRAPHY
STRATIGRAPHIE DU SOL



Clay, silt, sand, gravel and boulders 10 feet (3,0m)
argile, silt, sable, gravier et blocs 10 feet (3,0m)

Bedrock
Socle rocheux

Note: Lake at surface: depth 10-160 feet (3-48m)
Lac en surface: profondeur 10-160 pi (3-48m)

ROCHE associés ltée Groupe-conseil 2535, boul Laurier, Sainte-Foy, Québec G1V 4M3 Canada (418) 871 9800 Télex: QBC 051 31593	MINE # 13 MINE	Date 07-1985	Figure 13.3

13.4 MASSIF ROCHEUX

.Nature des roches

Le massif rocheux contenant la minéralisation se détaille comme suit:

Eponte inférieure: Anorthosite
Gisement : Zone séricitisée
Eponte supérieure: Anorthosite

Deux types d'altérations caractérisent le massif rocheux:

1. Altération hydrothermale qui s'étend jusqu'à 2 500 pi (760m) de profondeur (zone de séricitisation)

2. Zones d'oxydation dues aux eaux de circulation qui s'étendent jusqu'à 1 000 pi (300m) de profondeur (zones de minéraux de cuivre secondaires.

.Géologie structurale

Les sondages effectués au droit des piliers de surface laissent croire que des failles caractérisent la partie supérieure du gisement.

Aucune étude statistique des joints n'a été entreprise par la direction. Cependant, celle-ci mentionne que la pression d'eau dans les joints est presque nulle: les parois sont humides tout au plus. La séricite, la chlorite, le quartz et la calcite sont les principaux matériaux de remplissage rencontrés dans les joints.

Le contact gisement-épontes ne montre pas de détachements majeurs. Le contact est graduel: la schistosité disparaît graduellement dans les épontes, tout en s'éloignant de la zone séricitisée.

.Caractéristiques

Le tableau 13.1 présente quelques caractéristiques du massif rocheux. Ces valeurs sont estimées à partir de données recueillies à partir d'une mine située dans le voisinage immédiat.

ROCK CHARACTERISTICS — TABLE 13.1

CARACTÉRISTIQUES DE LA ROCHE — TABLEAU 13.1

VALEURS ESTIMÉES

LOCATION EMPLACEMENT		FOOT WALL ÉPONTE INFÉRIEURE	OREBODY GISEMENT	HANGING WALL ÉPONTE SUPÉRIEURE
ROCK TYPE TYPE DE ROCHE		Anorthosite	Sericitized zone Zone sériciticisée	Anorthosite
DENSITY DENSITÉ		3.0	2.8 2.9	3.0
COMPRESSIVE STRENGTH RÉSISTANCE EN COMPRESSION	psi x 10^3 (MPa)	11.6 (80)	9.4 (65)	11.6 (80)
SHEAR STRENGTH RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-
TENSILE STRENGTH RÉSISTANCE EN TENSION	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-
POINT LOAD STRENGTH INDICE DE DOUBLE POINÇONNEMENT	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-
POISSON'S RATIO RAPPORT DE POISSON		-	-	-
YOUNG'S MODULUS MODULE DE YOUNG	psi x 10^6 (GPa)	-	-	-
RQD %		-	-	-
GEOMECHANICAL CLASSIFICATION CLASSIFICATION GÉOMÉCANIQUE	CSIR NGI	68 90	53 3	68 90

13.5 CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES

.Morts-terrains

Les sols recouvrant les piliers de surface sont situés sous une couche d'eau dont l'épaisseur moyenne est de 60 pi (18m).

.Massif rocheux

Quatre (4) stations de pompage installées au travers de la mine servent à refouler environ 2 000 (US)GPM (126 l/s) vers la surface. La plupart des eaux d'infiltration venant de la surface sont récupérées dans un puisard creusé au niveau 1 025. De ce niveau vers la surface, environ 450 (US)GPM (28 l/s) sont pompés et le surplus est transféré au puisard du niveau 1 710.

13.6 OPERATIONS MINIERES

.Méthode(s) d'exploitation

Cette mine utilise la méthode coupe et remblai pour l'extraction du minerai.

.Conditions d'opération

La séquence de minage dans les chantiers est du bas vers le haut et dans la mine en général, du haut vers le bas. Aucun pilier n'est laissé dans les chantiers: le taux d'extraction voisine alors 100%. Les chantiers sont minés par tranche de 8 pi (2,4m) d'épaisseur; les trous de forage ont 6 pi (2m) de longueur et un diamètre 1¼ po 3,2cm).

Un délai d'environ 1 mois s'écoule généralement entre la fermeture d'un chantier et son remblayage. Les chantiers supérieurs sont remblayés jusqu'à 8-20 pi (2,4-6m) du toît; la moyenne est cependant plus près de 8 pi (2,4m).

La direction mentionne que les effets de sautage sont négligeables sur la stabilité des ouvrages souterrains.

13.7 SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT

.Soutènement primaire

Aucun pilier de paroi n'est laissé dans les chantiers supérieurs.

.Remblayage et renforcement

Chaque chantier est systématiquement rempli avec du remblai hydraulique, après l'extraction complète du minerai. Le remblai utilisé est la partie grossière des résidus miniers qui possèdent une densité de 2,93 et la répartition granulométrique est la suivante:

# Mesh	% passant
20	99.90
25	98.92
35	93.39
48	84.66
65	73.39
100	59.19
150	45.32
200	28.85
270	21.45
325	17.25

Par endroits, les planchers de certains chantiers sont composés de remblai et de ciment (rapport 20:1) mais en général, aucun ciment n'est ajouté au remblai hydraulique. Le drainage des chantiers s'effectue par percolation, sans l'aide de tours de bois ou de pipes perforées.

Les parois rocheuses sont boulonnées avec des boulons conventionnels de 8 pi (2,4m) de longueur et parfois de 5 pi (1,5m). Le patron de boulonnage généralement utilisé est 3 x 3 pi (0,9 x 0,9m) et s'applique aux zones fracturées formant des blocs.

Autour des schistes à minerai des premiers niveaux, dans la galerie longeant la direction du gisement, des structures de bois ont été érigées pour consolider les parois rocheuses. Dans les chantiers plus larges que 30 pi (9m), des échafauds de bois sont installés entre le remblai et le toit de façon à soutenir une partie de ce dernier.

13.8 PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE

.Mesure des contraintes

Aucune mesure des contraintes n'a été effectuée dans la région des piliers de surface.

.Mesure des déplacements

Aucune mesure des déplacements n'a été effectuée dans la région des piliers de surface.

.Autres programmes

La présence du lac en surface a motivé la direction à développer et installer un système d'alarme sur le toit d'un chantier supérieur. Ce système se compose d'un réseau de fils conducteurs de courant reliant les boulons d'ancrage fixés dans le toit à un tableau signalisateur situé dans la chambre des commandes du puits. Si un bloc ou une partie du toit tombe ou bouge, un ou plusieurs fils seront coupés et le système d'alarme sera automatiquement actionné.

Un programme d'inspection visuelle est bien établi pour les chantiers supérieurs: une inspection a lieu toutes les deux semaines et un formulaire d'inspection est rempli à chaque visite. Dans ce formulaire, les changements observés sur les toits, murs, remblais, acier, boisage et boulons sont notés, de même que les travaux exécutés.

13.9 CONCEPTION DU(DES) PILIERS DE SURFACE

.Personnel impliqué

Les personnes et les départements impliqués dans la conception des piliers sont présentées à la figure 13.4. Au début de l'exploitation des chantiers supérieurs, en 1964, c'était le directeur de la mine qui avait la responsabilité du dimensionnement des piliers de surface. L'inspecteur des mines (gouvernement provincial) avait agi comme aviseur technique et légal auprès du directeur.

.Etapes chronologiques

Les chantiers supérieurs ont été exploités entre 1964 et 1967. Depuis cette période, aucune modification majeure n'a été apportée aux chantiers.

.Facteurs de conception

Après l'analyse des conditions locales et dans le but de s'assurer de la stabilité à long terme des piliers de surface, la direction de cette mine a demandé l'avis d'un consultant extérieur.

ORGANIZATION CHART - PILLARS DESIGN
ORGANIGRAMME - CONCEPTION DES PILIERS

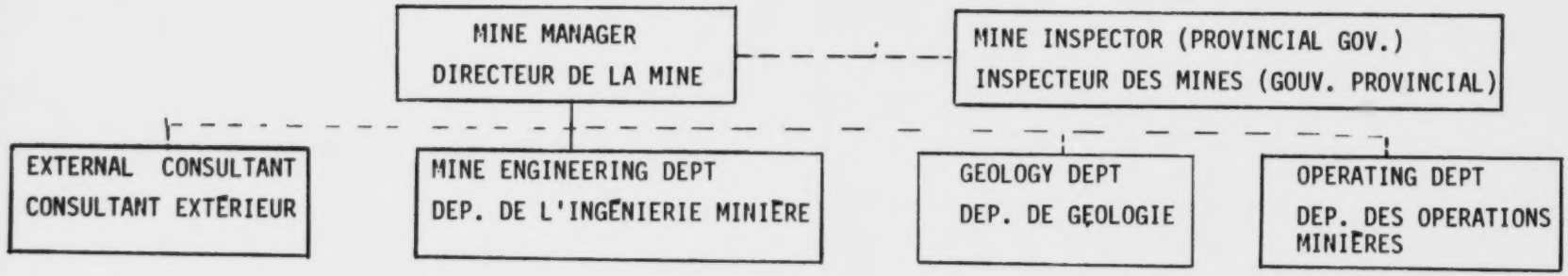


Figure 13.4

L'évaluation fournie par ce consultant indique que les conditions de stabilité ont été respectées et qu'aucun forage ne devrait, en principe, traverser la couche de sols recouvrant les piliers; ceci dans le but de préserver la couche "imperméable" qui isole le massif rocheux. L'épaisseur minimale des piliers de surface avait été fixée auparavant par la direction à 80 pi (24m) ou à 2,5 fois la largeur du chantier pour les chantiers plus larges que 32 pi (10m). D'après le consultant mentionné ci-haut, l'épaisseur minimale des piliers montrant des zones d'oxydation prononcées devrait augmenter à 120 pi (37m) et la largeur maximale tolérée des chantiers sous-jacents devrait être 25 pi (8m).

.Dimensions des piliers

Le tableau 13.2 montre les dimensions des piliers de surface réparties dans cette mine. La moyenne des rapports épaisseur/largeur est 7,7 avec des valeurs extrêmes passant de 0,9 à 32.

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 13,2
TABLEAU 13,2

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	10 (3)	10 (3)	16 (5)	25 (8)	25 (8)	16 (5)	16 (5)	35 (11)
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	75 (23)	75 (23)	80 (24)	160 (49)	120 (37)	80 (24)	100 (30)	90 (27)
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	20 (6)	35 (11)	20 (6)	5 (1,5)	15 (5)	30 (9)	10 (3)	40 (12)
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	310 (94)	50 (15)	175 (55)	70 (27)	140 (43)	185 (56)	77 (24)	50 (15)
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		3,8	2,1	4,0	32,0	8,0	2,7	10,0	2,3
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)								
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI (approx)	feet-pi. (m)	145 (44)	170 (52)	185 (56)	60 (78)	20 (6)	150 (46)	100 (30)	75 (23)

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 13,2
TABLEAU 13,2

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#9	#10	#11	#12	#13	#14	#15	#16
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	20 (6)	45 (14)	10 (3)	16 (5)	87 (27)	110 (33)	90 (27)	160 (49)
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	70 (21)	150 (46)	100 (30)	70 (21)	175 (53)	75 (23)	175 (53)	100 (30)
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	20 (6)	10 (3)	15 (5)	25 (8)	15 (5)	20 (6)	10 (3)	10 (3)
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	60 (18)	80 (21)	90 (27)	260 (77)	330 (101)	350 (107)	330 (101)	215 (67)
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		3,5	15,0	6,7	2,8	11,7	3,8	17,5	10,0
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)								
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI (approx)	feet-pi. (m)	150 (46)	45 (14)	130 (40)	100 (61)	40 (12)	130 (40)	40 (12)	50 (15)

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 13,2
TABLEAU 13,2

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#17	#18	#19	#20	#21	#22	#23	#24
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	150 (46)	110 (33)	110 (33)	95 (29)	100 (30)	90 (22)	100 (30)	65 (20)
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	170 (52)	90 (27)	80 (24)	80 (24)	90 (27)	90 (27)	90 (27)	100 (30)
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	10 (3)	15 (5)	20 (6)	30 (9)	35 (11,7)	20 (6)	50 (15)	12 (4)
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	160 (49)	205 (64)	120 (37)	150 (46)	235 (71)	50 (15)	250 (70)	270 (82)
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		17,0	6,0	4,0	2,7	2,6	4,5	1,8	8,3
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)								
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI (Approx.)	feet-pi. (m)	100 (30)	70 (21)	40 (12)	115 (35)	40 (12)	50 (15)	60 (18)	45 (14)

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 13,2
TABLEAU 13,2

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#25	#26	#27	#28	#29	#30	#31	#32
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	35 (11)	10 (3)	80 (24)	55 (17)	40 (12)	40 (12)	40 (12)	10 (3)
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)	10 (3)
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	100 (30)	210 (64)	115 (35)	100 (30)	90 (27)	80 (24)	110 (33)	100 (30)
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	40 (12)	10 (3)	10 (3)	15 (5)	100 (30)	30 (9)	15 (5)	10 (3)
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	180 (55)	40 (12)	120 (37)	200 (61)	180 (55)	180 (55)	130 (40)	470 (143)
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		2,5	21,0	11,5	6,7	0,90	2,7	7,3	10,0
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)								
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI (Approx)	feet-pi. (m)	180 (55)	10 (3)	10 (3)	60 (18)	80 (24)	90 (27)	60 (18)	90 (27)

13.10 EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE

Onze (11) chantiers supérieurs et de nombreuses galeries ont été évalués durant cette visite.

En général, des écoulements locaux goutte à goutte ont été observés sur les murs et les plafonds des chantiers. Le patron de boulonnage rencontré dans la plupart des chantiers est de 3 x 3 pi (0,9 x 0,9m). Quelques trous de forage laissent écouler un mince filet d'eau.

Les épontes sont généralement altérées: des zones oxydées de type "gossan" sont souvent visibles sur les parois rocheuses. La calcite, les oxydes de cuivre et le quartz (chert) sont les principaux minéraux secondaires observés dans les zones oxydées et les zones de cisaillement.

Les structures primaires des épontes sont pratiquement inexistantes ou encore altérées ("gossan"). La schistosité est cependant bien développée dans certains chantiers.

Quatre (4) chantiers parmi les onze (11) montraient des parois pratiquement sèches; dans le premier chantier, les boulons n'étaient posés que localement; dans le deuxième, une brèche de quartz minéralisée de plusieurs pieds de largeur a été observée; dans le troisième, des blocs de roches semi-détachés pendaient au plafond et dans le quatrième chantier, les parois rocheuses étaient massives et sans altération évidente.

Le chantier contenant le réseau de fils aux boulons montrait par endroit un écoulement goutte à goutte. Le patron de boulonnage était de 3 x 3 pi (0,9 x 0,9m).

Des échafauds de bois situés entre le remblai et le toît ont été observés seulement dans un chantier: le toît de ce chantier n'a pas été systématiquement boulonné.

Le R.Q.D. est très variable d'un chantier à l'autre et varie dans un même chantier (0-70), sauf dans un chantier où il est estimé à 70-80.

Les chantiers ont été remblayés jusqu'à environ 8 pi (2.4 m) du toit, sauf quelques chantiers où le remblai était distancé d'environ 20 pi (6 m).

13.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

La direction mentionne que dans les chantiers inférieurs, le toit devient généralement instable et peut même s'effondrer si le rapport épaisseur/largeur des piliers de couronne est inférieur à 1.5.

Dans le cas des piliers de surface oxydés, il devient important d'inspecter régulièrement (deux fois par mois) les chantiers sous-jacents: lorsque ces chantiers sont inaccessibles, une galerie doit être ouverte pour effectuer leur inspection. Celle-ci doit être effectuée seulement par un personnel expérimenté et si possible, par les mêmes personnes d'une inspection à l'autre.

La direction mentionne que la conception des piliers de surface situés sous un lac débute par une approche conservatrice, i.e. laisser une épaisseur considérable de pilier et par la suite, exploiter graduellement vers le haut les chantiers montrant des conditions de terrains stables.

MINE # 14

TABLE DES MATIERES

		PAGE
14.0	RESUME DE LA VISITE	396
14.1	INFORMATIONS GENERALES	398
	. Géologie régionale	
	. Géologie locale	
	. Caractéristiques du gisement	
14.2	ENVIRONNEMENT MINIER	402
14.3	MORTS-TERRAINS	403
	. Etudes et travaux	
	. Stratigraphie et caractéristiques	
14.4	MASSIF ROCHEUX	406
	. Nature des roches	
	. Géologie structurale	
	. Caractéristiques	
14.5	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	409
	. Morts-terrains	
	. Massif rocheux	
14.6	OPERATIONS MINIERES	410
	. Méthode(s) d'exploitation	
	. Conditions d'opération	
14.7	SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT	413
	. Soutènement primaire	
	. Remblayage et renforcement	
14.8	PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE	415
	. Mesure des contraintes	
	. Mesure des déplacements	
	. Autres programmes	
14.9	CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	417
	. Personnel impliqué	
	. Etapes chronologiques	
	. Facteurs de conception	
	. Dimensions des piliers	
14.10	EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	422
14.11	COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	423

14.0 RESUME DE LA VISITE

La propriété est composée d'un ensemble de cinq (5) zones minéralisées dont la principale, la zone no. 3, fait l'objet de cette histoire de cas. Les formations rocheuses de cette zone sont sub-verticales et caractérisées par un degré de schistosité élevé et un % variable de séricite, concentrée le long des plans de cette schistosité. La forme de la zone minéralisée est tabulaire, orientée EO, avec un pendage de 85°S.

La zone est exploitée sur environ 1 640 pi (500m) de longueur et en moyenne 50 pi (15m) de largeur. Le pilier de surface ne recouvre que le chantier situé à l'extrémité est de la propriété, et tous les autres chantiers ont été minés jusqu'en surface. Dans ce secteur, le mort-terrain a été décapé jusqu'au roc mais le pilier de surface est toujours recouvert de 10 à 20 pi (3 à 6 m) d'argile silteuse et de till.

Puisqu'il n'y a pas d'aquifère important sur le site, l'eau provient principalement des précipitations et de la fonte des neiges.

La compagnie emploie une méthode de minage qui s'apparente au foudroyage par sous-niveaux et utilise comme remblai, le "tout-venant" stérile, d'un puits à ciel ouvert. Le remblai est déposé en surface, au-dessus des

chantiers et s'écoule dans la mine par gravité. Le chantier situé au-dessous du pilier de surface est remblayé par une monterie qui le traverse en son centre.

Enfin, le dimensionnement du pilier de surface est basé sur des critères économiques et géométriques.

14.1 INFORMATIONS GENERALES

.Géologie régionale

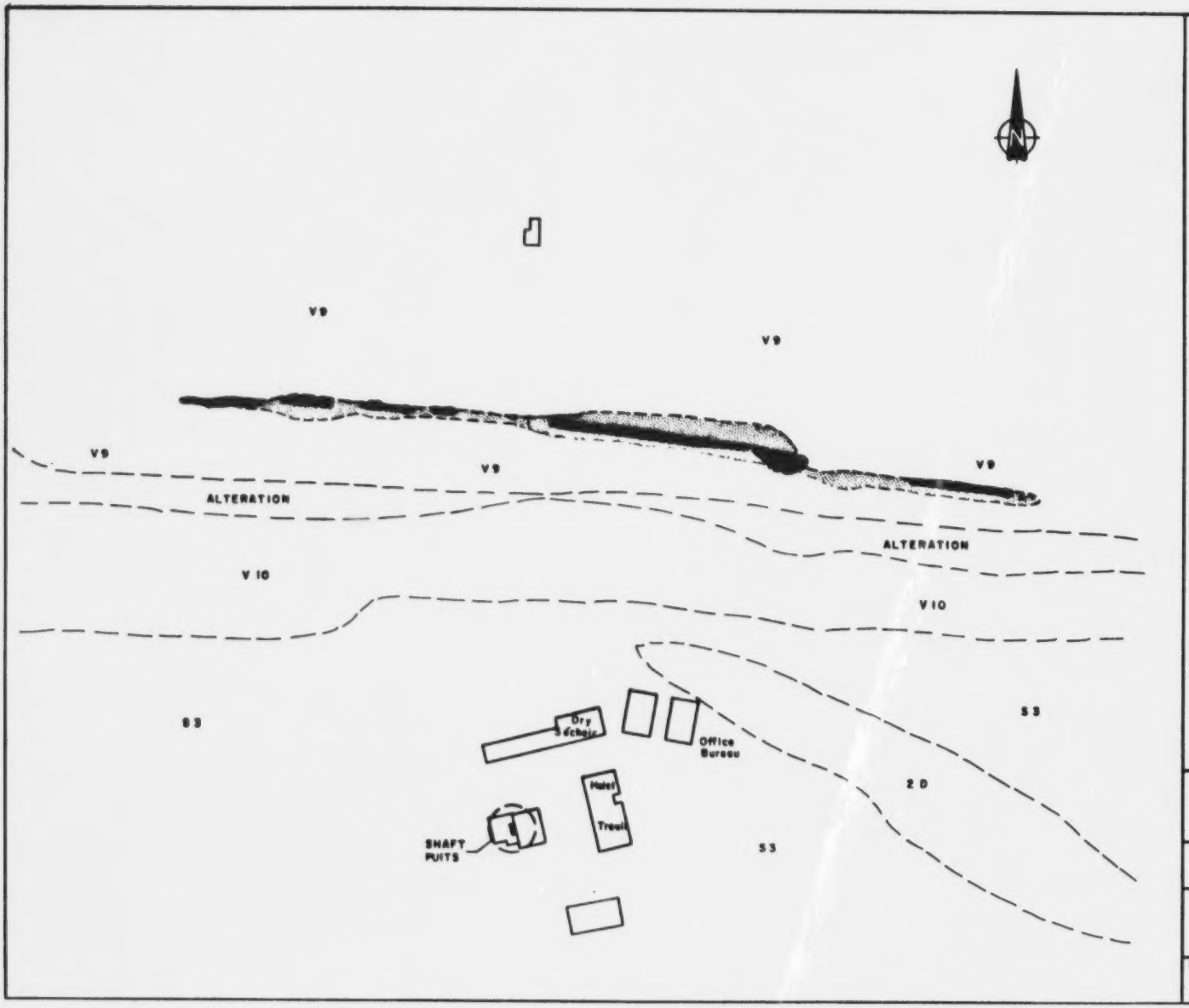
Localisée dans un complexe archéen de la partie sud de la province du Supérieur, la propriété est située dans une ceinture volcanique majeure orientée d'est en ouest. La partie sud de cette zone est délimitée par une faille majeure reconnue sur plusieurs centaines de kilomètres. L'horizon minéralisé fait partie d'une séquence homoclinale où de part et d'autre de cet horizon, on retrouve au sud, un groupe de roches sédimentaires principalement composées de grauwacke et au nord, un second horizon de roches sédimentaires suivies de volcaniques felsiques et mafiques. Le faciès métamorphique régional est celui des schistes verts.

.Géologie locale

A l'échelle de la propriété, le groupe où l'on retrouve les horizons minéralisés est un ensemble de roches volcaniques de composition variée, de pyroclastiques ou de tufs. Toutes ces formations sont sub-verticales, ont un pendage d'environ 85°S et une orientation EO, telles que représentées sur les figures 14.1 et 14.2.

.Caractéristiques du gisement

Les horizons de pyrite minéralisés en or sont de type volcanogénique et peuvent être regroupés en cinq (5) zones principales dont la plus importante, la zone no. 3, atteint l'interface roc/sol; les zones no. 4 et no. 5 sont exploitées par un puits à ciel ouvert, alors que



LEGEND - LEGENDE

- Ore zone / Zone minéralisée
- Stope / Chantier
- 2D — Diorite / Diorite
- S3 — Sediment, greywacke / Sédiments, grauwacke
- V9 — Mafic tuff / Tuf mafique
- V10 — Pyroclastic, tuff, agglomerat / Pyroclastique, tuf, agglomérats

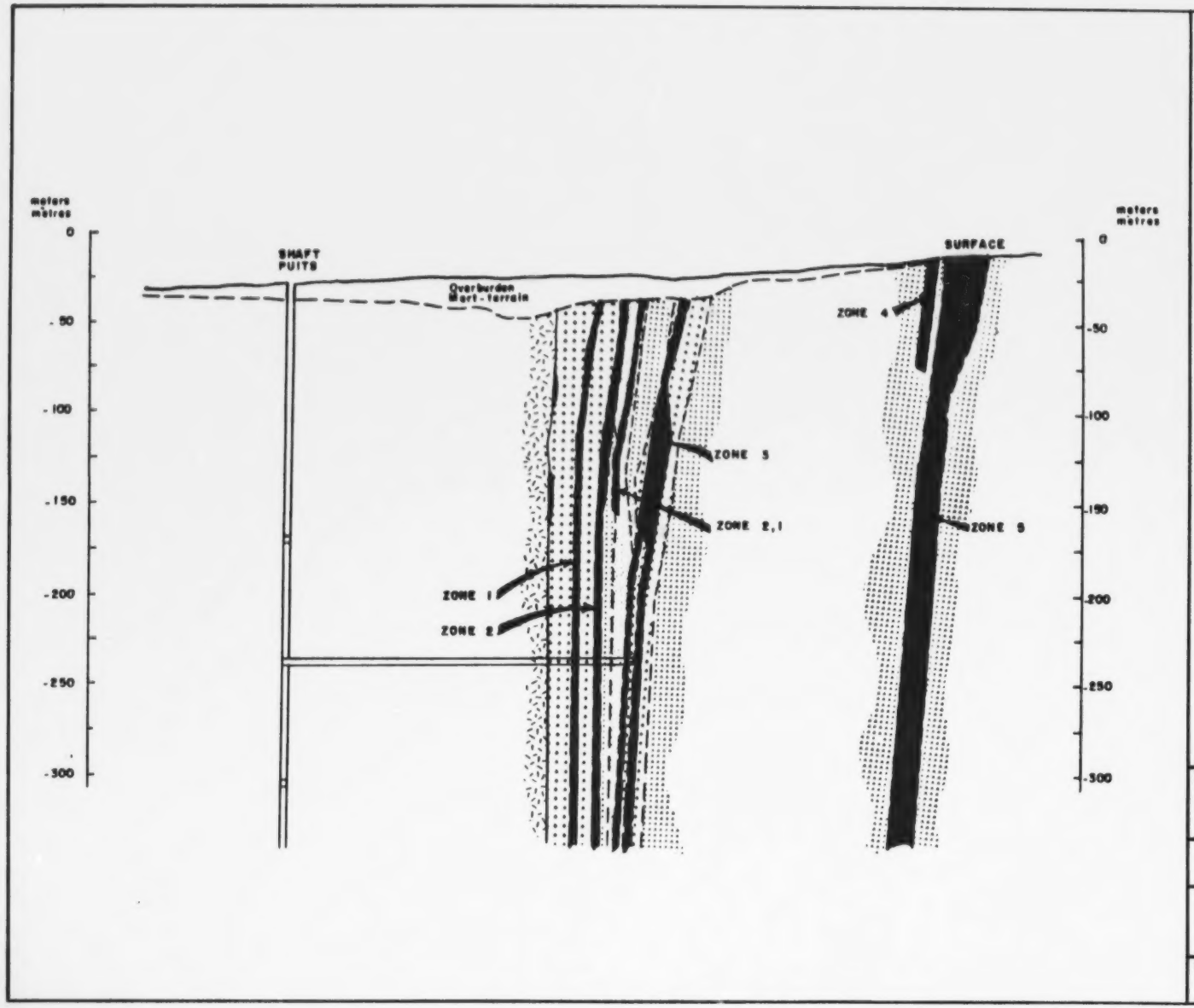
0 50 100 M

NOCHE

MINE # 14 MINE

SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE

Date	Figure
07 - 1985	14.1



LEGEND - LEGENDE

- Alteration / Altération
- Mafic tuff / Tuf mafique
- Pyroclastic, tuff, agglomerate / Pyroclastique, tuf, agglomérat
- Sediment, greywacke / Sédiments, grauwacke
- Ore zone / Zone minéralisée

0 50 100 M

TYPICAL SECTION
COUPE TYPE

noche

MINE # 14 MINE

GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE

Date	Figure
07/85	14.2

les zones no. 1 et no. 2 sont discontinues. La zone d'exploitation no. 3 a une forme tabulaire, d'épaisseur variable, dans laquelle la pyrite aurifère est, soit disséminée, soit sous la forme de veines; son pendage, correspondant à celui des formations environnantes, est de 85°.

Les dimensions de cette zone (sur laquelle portera cette étude) sont les suivantes:

Longueur	Largeur	Profondeur
1 640 pi (500m)	10-115 pi (3-35m)	indéterminée

La mine est en opération continuelle depuis 1979 à un taux journalier d'environ 1400t.

14.2 ENVIRONNEMENT MINIER

La topographie du site est relativement plane. Aucune installation de surface n'est située directement au-dessus ou au voisinage immédiat de la zone no. 3, telle qu'illustrée à la figure 14.2.

Un basin de sédimentation de même que les infrastructures de surface de cette opération sont situées dans la formation de grauwacke à des distances variant de 420 à 1000 pi (130-300m) au sud de la zone minéralisée.

Le pilier de surface étudié est situé dans le secteur extrême est de la zone minéralisée, alors qu'ailleurs, la minéralisation a été minée jusqu'en surface, ne laissant que quelques piliers transversaux. L'influence de ces piliers sur la stabilité des épontes sera prise en considération et discutée plus loin dans ce texte.

Mise à part l'extraction de la zone no. 3, aucune autre ouverture significative n'affecte le pilier de surface. Il n'y a pas de mine, lac ou marécage autour de ce secteur.

14.3 MORTS-TERRAINS

.Etudes et travaux

A l'origine, la propriété était recouverte de 10 à 20 pi (3 à 6m) de morts-terrains, telle que démontrée par une étude géotechnique menée au-dessus de la zone no. 3. Ainsi, des sondage verticaux de 7½ po (190m) de diamètre ont été faits à la tarière, jusqu'au contact du roc, sur deux lignes parallèles au grand axe de cette zone. Les lignes de sondages étaient distantes entre elles de 115 pi (35m), l'axe longitudinal de la minéralisation étant situé à mi-chemin et les sondages espacés entre eux de 130 pi (40m) sur chacune des lignes de base.

Les sondages au diamant servant à l'exploration du dépôt dans ce secteur ont également été utilisés pour définir le profil du roc.

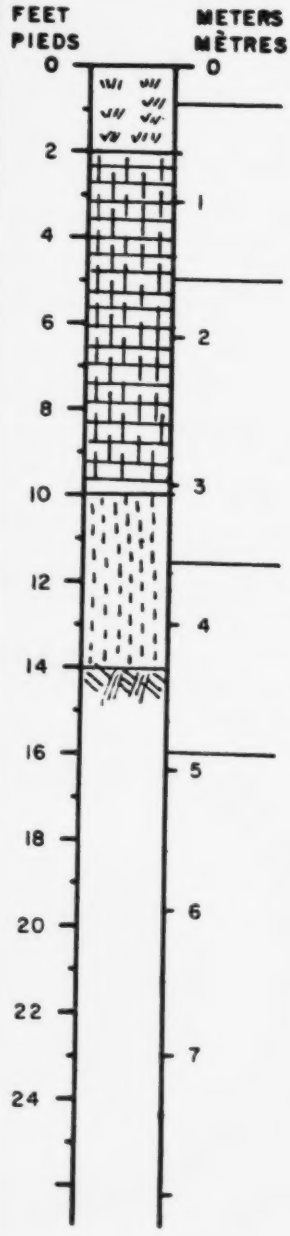
.Stratigraphie et caractéristiques

La stratigraphie des sols représentée à la figure 14.3 indique qu'ils sont principalement composés d'un mélange de gravier, de till à la base, recouverts d'une couche d'argile silteuse. Les informations recueillies se résument ainsi:

Argile silteuse

.% d'eau	35%
.Limite de liquidité	45%
.Limite de plasticité	22%
.Indice de plasticité	21-23

SOIL STRATIGRAPHY
STRATIGRAPHIE DU SOL



Peat moss, organic soil	1.5 - 2 feet	(0,4 -0,6m)
Tourbe, sol organique	1.5 - 2 pi	(0,4 -0,6m)
Silty clay	5 - 8 pi	(1,5 - 2,4m)
Argile silteuse	5 - 8 pi	(1,5 - 2,4m)
Glacial till, gravel	3 - 4 feet	(0,9 - 1,2m)
Till glaciaire, gravier	3 - 4 pi	(0,9 - 1,2m)
Bedrock		
Socle rocheux		

Note: above the east part of no 3 ore zone
au-dessus de la zone minéralisée no 3

ROCHE
associés ltée
Groupe-conseil
2535, boul Laurier,
Sainte-Foy, Québec
G1V 4M3 Canada
(418) 871 9800
Télex: QBC 051 31583

MINE # 14 MINE

Date
07-1985

Figure
14.3

Till glaciaire

.% d'eau 8-10%

Les données concernent la partie est de la zone no. 3 et représentent les conditions actuelles du mort-terrain. La partie ouest de cette zone était originalement recouverte des mêmes matériaux mais elle a été décapée très tôt après le début de l'exploitation, afin de permettre le minage des chantiers supérieurs jusqu'en surface.

14.4 MASSIF ROCHEUX

.Nature des roches

L'éponte inférieure immédiate de la zone principale (zone no. 3) est généralement composée de tufs mafiques à séricite. La zone économique est plutôt constituée de tufs intermédiaires formant une transition entre les épontes; l'éponte supérieure immédiate est pour sa part, formée de roches pyroclastiques acides également sériciti-sées.

Les roches de ce secteur sont toutes très schisteuses et présentent une concentration de séricite le long des plans de la schistosité. Localement, on retrace des "fractures boueuses" provenant de l'altération de cette séricite, due à l'effet combiné de l'eau et du broyage.

.Géologie structurale

Comme nous venons de le souligner, les tufs sont fine-ment rubannés et ont une apparence schisteuse. La lar-geur de ces bandes varie de 1/8 po (3mm) à plusieurs pouces ou millimètres.

Il n'y a pas de failles majeures qui recoupent la zone minéralisée. Le degré élevé de schistosité des roches de la zone minéralisée et des épontes immédiates est responsable de l'incompétence de la masse rocheuse.

Enfin, mise à part cette schistosité marquée, une famil-le de diaclases recoupe le massif rocheux avec un faible pendage de 20 à 45° vers le nord.

.Caractéristiques du gisement

Les caractéristiques géomécaniques des roches disponibles au moment de la visite sont compilées au tableau 14.1. Les valeurs minimales de la résistance en compression uniaxiale sont obtenues à partir d'essais en double poinçonnement, réalisés parallèlement à la schistosité de la roche. A l'opposé, les valeurs les plus élevées correspondent à des essais effectués perpendiculairement à la schistosité.

Aucun essai de compression en laboratoire n'a été effectué à cause de la difficulté à produire des carottes suffisamment intactes pour être représentatives de la condition du massif rocheux.

Ceci devient évident lorsque l'on regarde les valeurs du R.Q.D. obtenues pour les roches du gisement et des épontes. Ces valeurs varient en effet de 0 à 70% et peuvent être fortement influencées par l'angle des sondages par rapport à la schistosité.

Selon le personnel de la mine, il semble que le contact de l'éponte inférieure avec la zone minéralisée soit net et solide, avec peu de matériaux d'altération; celui de l'éponte supérieure en est un de teneur de coupure.

ROCK CHARACTERISTICS

TABLE 14.1

CARACTÉRISTIQUES DE LA ROCHE

TABLEAU 14.1

LOCATION EMPLACEMENT		FOOT WALL ÉPONTE INFÉRIEURE	OREBODY GISEMENT	HANGING WALL ÉPONTE SUPÉRIEURE
ROCK TYPE TYPE DE ROCHE		Maffic Tuff Tuf mafique	Intermediate Tuff Tuf intermédiaire	Pyroclastic Rocks Roches pyroclastiques
DENSITY DENSITÉ		2.77	3.04	2.77
COMPRESSIVE STRENGTH RÉSISTANCE EN COMPRESSION	psi x 10^3 (MPa)	3-8.6 (21-59)	1.9-9 (13-62)	1-1.5 (7-10)
SHEAR STRENGTH RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-
TENSILE STRENGTH RÉSISTANCE EN TENSION	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-
POINT LOAD STRENGTH INDICE DE DOUBLE POINCONNEMENT	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-
POISSON'S RATIO RAPPORT DE POISSON		-	-	-
YOUNG'S MODULUS MODULE DE YOUNG	psi x 10^6 (GPa)	-	-	-
RQD %		50-70	0-20	0
GEOMECHANICAL CLASSIFICATION CLASSIFICATION GÉOMÉCANIQUE				

14.5 CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES

.Morts-terrains

Au niveau des sols, il a été démontré qu'il n'y a pas d'aquifère important dans la région immédiate de la zone exploitée. Il n'y a pas suffisamment d'eau pour liquéfier les silts argileux et créer un danger potentiel pour les opérations souterraines.

Dans le secteur ouest de la zone no. 3, rappelons que le terrain a été décapé au-dessus et de part et d'autre du dépôt. Aux limites du décapage, les pentes du mort-terrain étaient d'environ 40-45° et un fossé de drainage a été établi autour des zones d'exploitation afin de canaliser l'eau de ruissellement.

En général, les sols sont secs, sauf au moment des fortes précipitations et de la fonte des neiges.

.Massif rocheux

Très peu d'informations sont disponibles sur l'écoulement de l'eau dans le roc. Il est toutefois évident que l'action de l'eau sur la séricite contenue dans les plans de schistosité contribue à diminuer considérablement la résistance de la roche.

Enfin, le taux de pompage varie de 170 à 200 (I)GPM (13 à 15 l/s) et est proportionnel au taux de précipitations.

14.6 OPERATIONS MINIERES

.Méthode(s) d'exploitation

La méthode de minage utilisée est une version modifiée du foudroyage par sous-niveaux avec remblai rocheux non-consolidé. Les sous-niveaux sont espacés de 30 à 50 pi (9 à 15m) et le minage progresse selon l'axe longitudinal de la zone minéralisée. En profondeur, dans les secteurs dont la largeur excède 50 pi (15m), le gisement est miné transversalement. La largeur moyenne de la zone no. 3, près de la surface, est de 15 pi (4,6m).

.Conditions d'opération

La méthode permet une récupération du minerai de près de 100%. La figure 14.4 permet de visualiser de façon générale la disposition des diverses sortes de piliers existants à cette mine. Ainsi, si l'on s'en tient à une définition stricte des piliers de surface, seule la partie est du dépôt possède un tel pilier; le secteur central et ouest de la veine ayant été exploités jusqu'en surface, exception faite des piliers transversaux.

Aux niveaux supérieurs de la mine, la dilution estimée est d'environ 15%, alors qu'ailleurs, elle peut atteindre 25%. La direction du minage est du haut vers le bas, après décapage du mort-terrain de la partie ouest et centrale de la zone no. 3. Les chantiers sont forés par le bas à partir de chaque sous-niveaux avec des trous de diamètre de 3½ po (89mm) d'une longueur

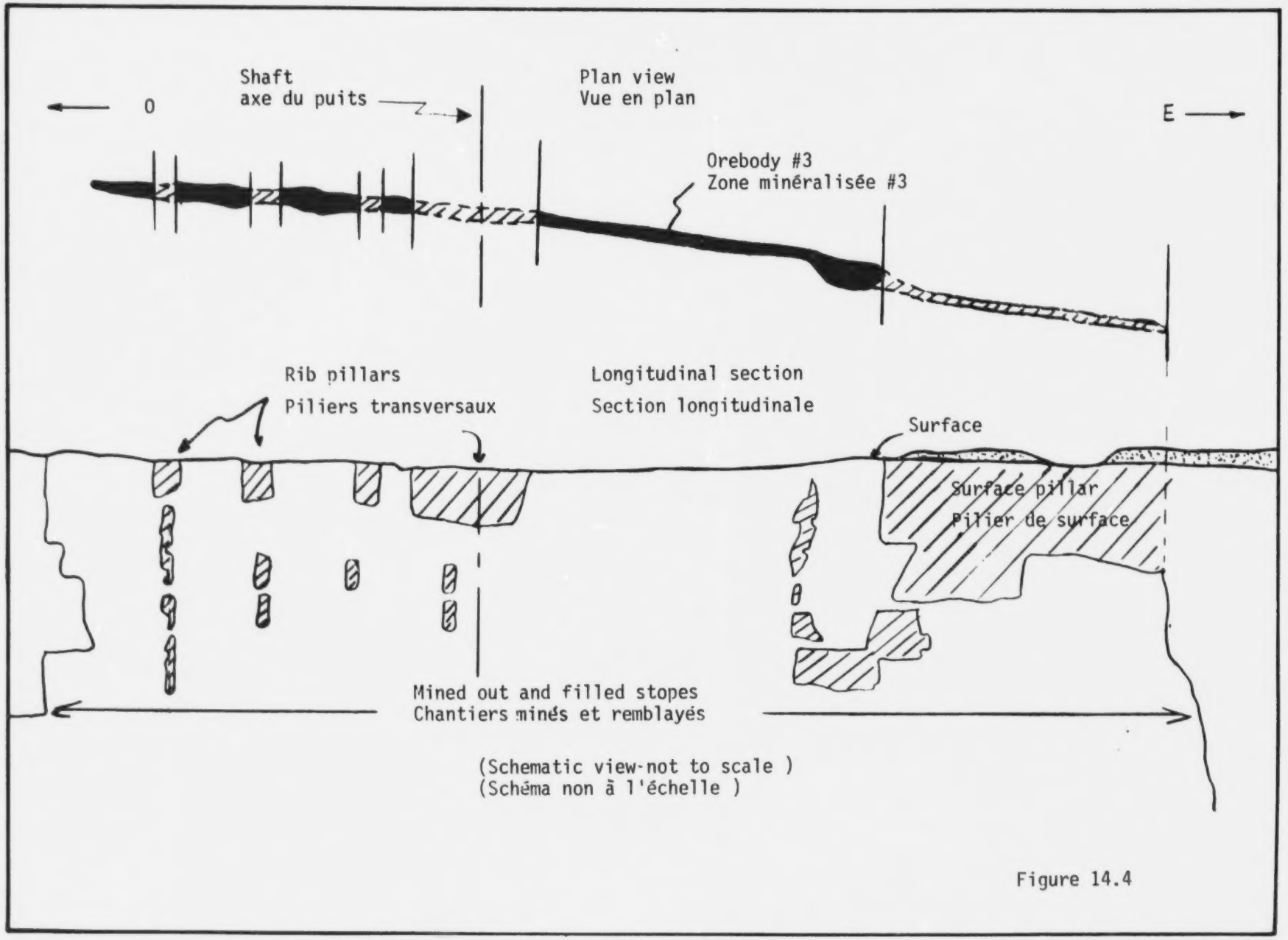

Shaft
axe du puits
O
Plan view
Vue en plan
E
Orebody #3
Zone minéralisée #3
Rib pillars
Piliers transversaux
Longitudinal section
Section longitudinale
Surface
Surface pillar
Pilier de surface
Mined out and filled stopes
Chantiers minés et remblayés
(Schematic view-not to scale)
(Schéma non à l'échelle)

Figure 14.4

d'environ 40 pi (12m). Le patron de forage comprend une série de trous disposés en éventail avec un espacement de 5 pi (1,5m) et un fardeau de 5 pi (1,5m) également.

Notons qu'à cause de la mauvaise qualité du terrain, les trous de forage doivent être doublés d'un tuyau de plastique rigide afin de conserver l'espace requis pour introduire les explosifs. En effet, dans plusieurs cas, surtout si le forage est effectué longtemps avant le sautage, les parois des trous ont tendance à se déplacer, créant ainsi une obstruction de la cavité.

A cette mine, le remblai est déposé à la surface du dépôt, il s'écoule donc immédiatement dans les chantiers selon le rythme de soutirage du minerai dynamité.

Enfin, le minage se fait en retraitant à partir de l'axe du puits vers les extrémités de la zone minéralisée.

14.7 SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT

.Soutènement primaire

Près de la surface, la stabilité générale des épontes est assurée par des piliers transversaux d'environ 32 pi (10m) d'épaisseur espacés dans le secteur ouest de 100 pi (30m) environ. Un pilier plus important a été laissé dans l'axe du puits alors que le secteur central de la zone minéralisée est ouvert sur plus de 460 pi (140m) de longueur.

.Remblayage et renforcement

La technique d'extraction utilisée à cette propriété permet de remblayer les chantiers par la surface. Le "tout venant" ou roche stérile dynamitée en provenance d'un puits à ciel ouvert est donc simplement diversé au-dessus des chantiers d'exploitation. Au fur et à mesure que le minerai est extrait des niveaux inférieurs, celui-ci descend et comble le vide. Ce type de remblai se consolide très peu durant la période d'opération de la mine puisqu'il est constamment en mouvement.

Evidemment, puisqu'un pilier de surface a été laissé dans la partie est du dépôt, le remblai ne peut être diversé directement en surface. Dans ce cas, il est amené sous-terre dans les chantiers par une monterie traversant de part en part le pilier.

Notons enfin, que cette méthode de remblayage était utilisée dans la partie supérieure de la mine. Actuellement, la compagnie procède à la modification de ses opérations d'extraction.

En règle générale, des boulons conventionnels d'une longueur de 8 pi (2,4m) sont utilisés depuis les débuts de la mise en opération de cette mine. Mais de plus en plus, les opérateurs adoptent les boulons de type "swellex" de 8 à 20 pi (2,4 à 6m) de longueur. Les résultats obtenus avec ce type d'ancrage sont très satisfaisants et plus constants, selon l'avis du personnel rencontré.

14.8 PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE

.Mesure des contraintes

Aucune mesure de contraintes n'a été effectuée sur le site même de la propriété. Le personnel du département de mécanique des roches a utilisé les données recueillies au site minier le plus proche. Ces valeurs donnent quand même une idée de l'ordre de grandeur des contraintes susceptibles d'influencer la stabilité de cette opération.

Ainsi, au niveau 5, soit à environ 1000 pi (305m) sous la surface, la contrainte verticale serait sensiblement égale au poids de la roche, c'est-à-dire de l'ordre de 1000 psi (6.9 MPa). D'autre part, la contrainte principale horizontale orientée NS, serait d'environ 2.5 fois plus élevée que la contrainte verticale. La contrainte intermédiaire serait orientée dans la direction EO (celle de l'axe longitudinal du gisement) et 1.5 fois supérieure à la contrainte verticale.

Ces interprétations ont d'ailleurs été confirmées par l'observation du comportement des murs de galeries souterraines et de monteries. L'écaillage ("slabbing") des parois de ces ouvertures ou le mode de rupture constaté indique que le dommage est produit par une contrainte horizontale.

Même si la valeur absolue de cette contrainte est faible, c'est-à-dire de l'ordre de 2500 psi à 1000 pi (17.2 MPa à 300m) de profondeur, son importance relative dans un roc aussi schisteux est grande.

.Mesure des déplacements

Des mesures de déplacements ont été effectuées afin de connaître l'étendue de la subsidence constatée dans l'éponte supérieure du dépôt, du côté des installations de surface; le remblai non-consolidé permettant la relaxation de ce secteur. Les piliers transversaux limitent le déplacement de l'éponte en réduisant la portée des zones non-soutenues. Les plus grands déplacements se produisent donc entre ceux-ci.

La mine a connu des problèmes avec des extensomètres à ancrages multiples installés sous-terre. Il semble que ces problèmes aient été reliés à la fiabilité des lectures. Il a donc été décidé d'installer en surface, un réseau de quinze (15) tiges ancrées au roc, arpentées périodiquement et disposées sur trois (3) lignes principales, comme illustré à la figure 14.1. Les opérateurs ont évalué théoriquement l'angle de subsidence probable; ainsi avec un angle de 70° par rapport à l'horizontale et à partir de 1000 pi (300m) sous la surface, le sol, situé à plus de 360 pi (110m) de la zone d'exploitation, ne devrait pas bouger.

.Autres programmes

Une galerie donne accès au-dessous du pilier de surface du secteur est de la zone no. 3; ce pilier a donc été inspecté visuellement à l'occasion.

De plus, un an et demi après l'exploitation du chantier sous-jacent, un trou de forage a été fait au travers de ce pilier, ce qui a permis de confirmer son épaisseur à $\pm$ 5 pi (0.15m) près.

14.9 CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE

.Personnel impliqué

Cette opération possède une section de mécanique des roches qui fait partie du groupe d'ingénierie. Par contre, le "design" des excavations ou piliers se fait en collaboration avec les départements de géologie et d'opérations (voir figure 14.5). Les critères utilisés pour le dimensionnement reposent sur la nécessité d'assurer la stabilité des chantiers et la valeur économique du minerai. La compagnie utilise, sur une base annuelle, les services d'une firme de consultants.

.Etapes chronologiques

Le pilier de surface original, laissé dans la partie est de la zone no. 3, n'a pas été modifié.

.Facteurs de conception

Il semble que le dimensionnement du pilier de surface soit basée sur la diminution de la teneur en minerai économique. On nous a dit par contre, qu'en règle générale, l'épaisseur du pilier doit être d'environ deux (2) fois sa largeur.

Ainsi, tel qu'illustré sur la section transversale de la figure 14.6, si l'on tient compte du minage des chantiers des zones no. 1 et 3 (qui dans ce secteur de la mine se rejoignent), la largeur totale influencée par les excavations est d'environ 75 pi (23m). Le pilier de surface laissé au-dessus de cette zone est de

ORGANIZATION CHART - PILLARS DESIGN
ORGANIGRAMME - CONCEPTION DES PILIERS

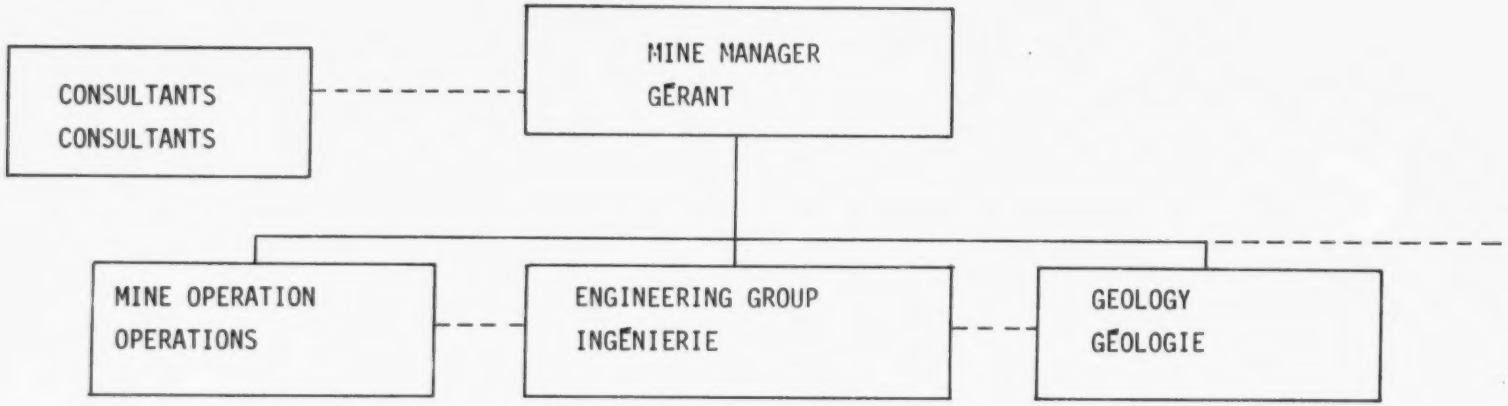


Figure 14.5

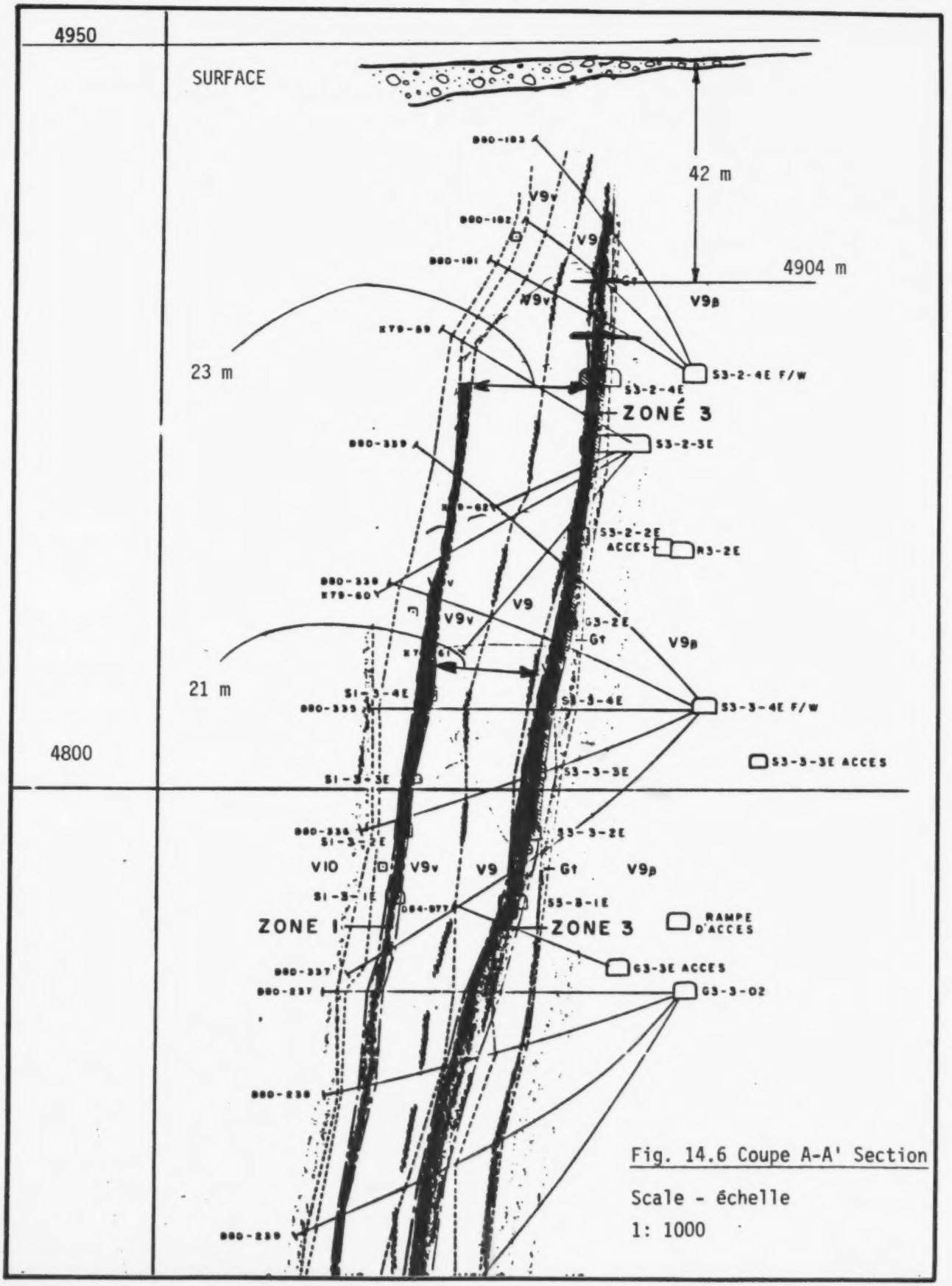


Fig. 14.6 Coupe A-A' Section

Scale - échelle

1: 1000

138 pi (42m), soit environ deux (2) fois cette largeur.

Initialement, les zones no. 1 et 2 ont été minées sans remblayage. Après un an et demi, une monterie a été faite jusqu'en surface, afin de permettre le remblayage des chantiers. A cette époque, un trou de sondage avait confirmé que l'épaisseur du pilier de surface n'avait pas changé.

Il y a quelques années, il semble que le roc (composé de schistes à séricite de faible compétence) situé entre les zones d'exploitation no. 1 et 3, se soit effondré. Ceci a causé des dommages en profondeur mais n'a pas affecté le pilier de surface. Notons que le glissement de ce coin s'est produit à la fonte des neiges, ce qui met en évidence le rôle majeur de l'eau sur la stabilité d'un tel terrain.

.Dimensions des piliers

Les dimensions du seul pilier de surface sont compilées au tableau 14.2.

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 14,2
TABLEAU 14,2

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#1							
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	- -							
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	15 (4,6)							
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	140 (43)							
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	75 (23)							
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	330 (100)							
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		1,9							
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)	370 (113)							
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI	feet-pi. (m)	370 (113)							

14.10 EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE

La visite des niveaux supérieurs de la mine, dans le secteur est des zones no. 1 et 3, nous a permis d'avoir accès à l'extrémité du chantier situé sous le pilier de surface, où la schistosité des épontes est telle que la valeur du R.Q.D. est d'environ 10%. On remarque que la partie la plus haute de ce chantier est peu supportée par le remblai rocheux. Celui-ci s'écoulant à partir de la monterie, située approximativement à mi-chemin de la longueur du chantier, forme un angle de repos d'environ 40°. La stabilité du pilier est donc beaucoup plus influencée par le réaménagement des contraintes et la résistance (même faible) du massif rocheux, que par la présence du remblai. Evidemment, ce dernier limite l'écaillage des épontes et ralenti le processus de détérioration.

Dans ce secteur, il y a peu d'eau d'infiltration de visible, mais sa présence devient évidente dans les galeries de soutirage où la séricite formée se transforme facilement en boue.

Il s'agit d'une situation où il est pratiquement impossible de juger de la stabilité ou de la réaction du massif rocheux sans avoir recours à de l'instrumentation.

14.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

La direction est évidemment concernée par les travaux de recherche sur le boulonnage; dans un matériel aussi schisteux, l'importance du soutènement local est évidente.

La mécanisation des travaux de développement est aussi un facteur que l'on considère primoridal, afin d'abaisser les coûts de préparation des chantiers.

Enfin, le contrôle de l'infiltration de l'eau dans la mine est un élément très important à cette propriété. Tout travail de recherce dans ce sens serait apprécié.

MINE # 15

TABLE DES MATIERES

		PAGE
15.0	RESUME DE LA VISITE	426
15.1	INFORMATIONS GENERALES	427
	.Géologie régionale	
	.Géologie locale	
	.Caractéristiques du gisement	
15.2	ENVIRONNEMENT MINIER	431
15.3	MORTS-TERRAINS	432
	.Etudes et travaux	
	.Stratigraphie et caractéristiques	
15.4	MASSIF ROCHEUX	435
	.Nature des roches	
	.Géologie structurale	
	.Caractéristiques	
15.5	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	437
	.Morts-terrains	
	.Massif rocheux	
15.6	OPERATIONS MINIERES	439
	.Méthode(s) d'exploitation	
	.Conditions d'opération	
15.7	SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT	440
	.Soutènement primaire	
	.Remblayage et renforcement	
15.8	PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE	441
	.Mesure des contraintes	
	.Mesure des déplacements	
	.Autres programmes	
15.9	CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	442
	.Personnel impliqué	
	.Etapes chronologiques	
	.Facteurs de conception	
	.Dimensions des piliers	
15.10	EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	444
15.11	COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	445

15.0 RÉSUMÉ DE LA VISITE

La veine sud de cette propriété est localisée à l'intérieur de roches métavolcaniques généralement de bonne compétence. Le dépôt est recouvert d'environ 100 pi de sable et gravier et bissecté par un aquifère important. Large de 5 à 6 po (13 à 15 cm), cet aquifère peut produire jusqu'à 200 IGPM (15 l/s) lorsque recoupée par une galerie de 9 x 8 pi (2,7 x 2,4 m).

La compagnie est encore au stage du développement et du chantier pilote. Toutefois, les données sur la nature du roc et sur son compoertement s'accumule peu à peu. Du point de vue de la mécanique des roches, la zone d'intérêt se localise au niveau de la veine de quartz jusqu'à environ 30 pi (9 m)dans les (2) épontes; plus particulièrement dans l'éponte supérieure. Les contacts veine/-épontes sont fréquemment graphiteux et schisteux.

La compagnie projette d'exploiter cette zone par la méthode des longs trous avec des chantiers de 130 pi (9 m)de longueur par 66 pi (19,8 m) de hauteur et en moyenne de 16 à 20 pi (4,8 à 6 m).

Cette histoire de cas est beaucoup plus axée sur la description d'un contexte géologique particulier que sur celle d'un modèle de conception de piliers de surface comme tel.

15.1 INFORMATIONS GÉNÉRALES

. Géologie régionale

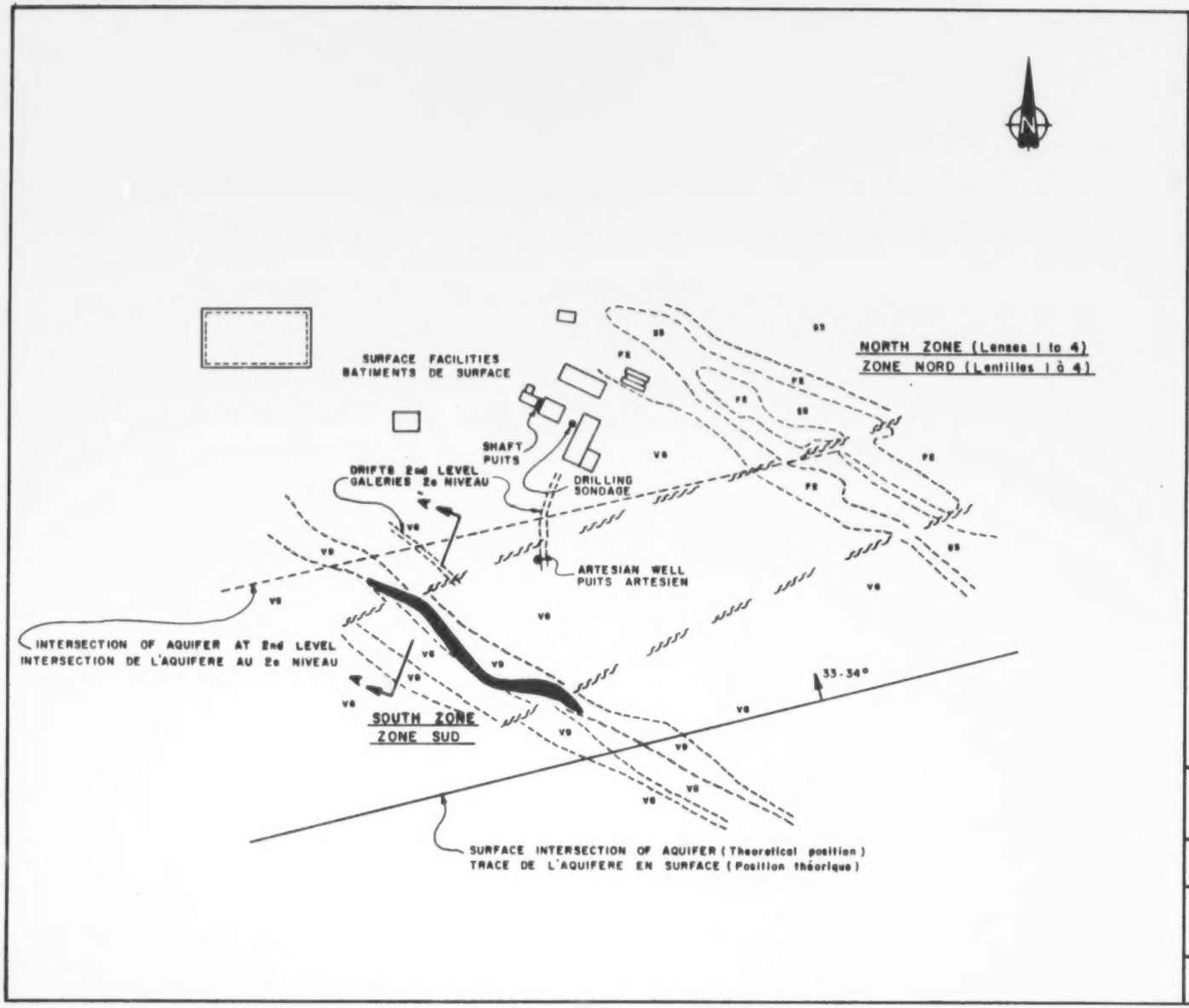
La propriété est située dans la province du Supérieur, à une quinzaine de kilomètres du Greenville, dans la partie nord d'un grand géosynclinal. Elle est située à l'intérieur d'une séquence de roches métasédimentaires (grauwacke, argilite) et métavolcaniques (basalte, andésite). Toutes ces roches sont d'âge archéen et le métamorphisme régional est celui du faciès des amphibolites avec grenat.

. Géologie locale

Les zones minéralisées sont regroupées dans les secteurs nord et sud de la propriété. Pour les besoins de cette étude nous nous limiterons toutefois au secteur sud où l'on retrouve une alternance d'andésite et de tuffs. Les unités sont généralement orientées NO-SE et montrent un pendage de 70 à 80° vers le nord-ouest. L'andésite généralement massive est présente dans les deux épontes du dépôt. L'horizon de tuf est habituellement bien lité, compétent et renferme la minéralisation.

. Caractéristiques du gisement

La zone sud est composée d'une lentille ou veine de quartz minéralisée en or. Les figures 15.1 et 15.2 représentent à la fois la propriété dans son ensemble et



LEGEND - LEGENDE

- Lense south zone / Lentille zone sud
- F2 Iron formation / Formation de fer
- S3 Grauwacke
- V6 Andesite / Andésite
- V9 Tuff / Tuf

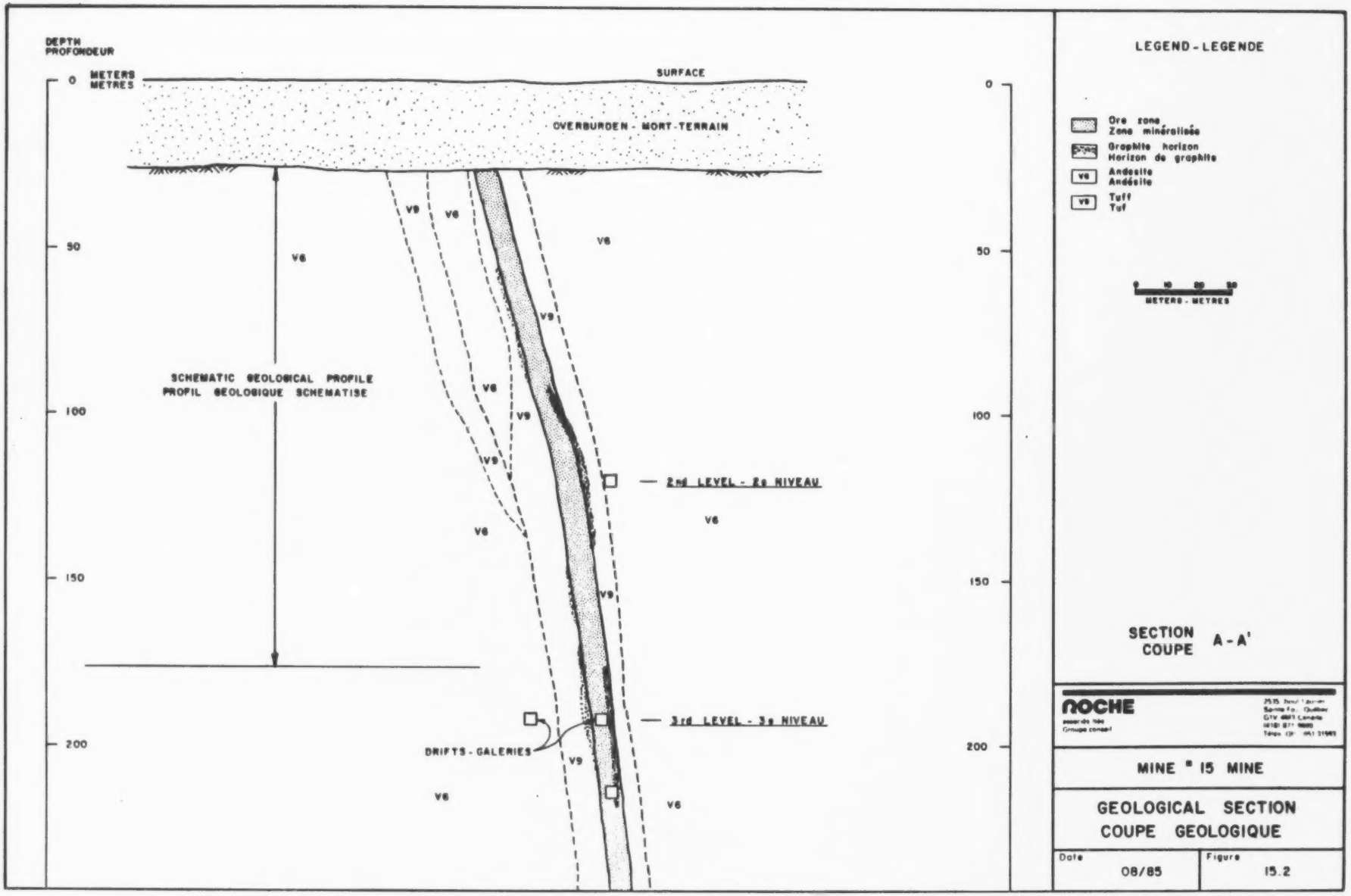
METERS - METRES

NOCHE
associés inc
Groupe conseil

MINE #15 MINE

SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE

Date	Figure
08/85	15.1


DEPTH
PROFONDEUR
0 METERS
METRES
SURFACE
OVERBURDEN - MORT-TERRAIN
50
100
150
200
V6
V9
SCHEMATIC GEOLOGICAL PROFILE
PROFIL GEOLOGIQUE SCHEMATISE
2nd LEVEL - 2e NIVEAU
3rd LEVEL - 3e NIVEAU
DRIFTS - GALERIES
LEGEND - LEGENDE
Ore zone
Zone minéralisée
Graphite horizon
Horizon de graphite
Andesite
Andésite
Tuff
Tuf
METERS - METRES
SECTION
COUPE A - A'
NOCHE
MINE # 15 MINE
GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE
Date
08/85
Figure
15.2

la zone d'étude située au sud. Cette lentille suit la même orientation que les unités géologiques locales et possède les caractéristiques suivantes:

longueur	largeur	profondeur
850 pi (260 m)	16-23 pi (5-7 m)	indéterminée

Son pendage est d'environ 70° à 80° nord-ouest. Ce secteur de la mine est actuellement en période de développement mais une certaine quantité d'informations est disponible. Afin d'évaluer le contexte général dans lequel l'éventuel(s) pilier(s) de surface sera ou seront établis, nous devrons faire certaines hypothèses sur la forme et les caractéristiques de la partie supérieure de cette veine en se limitant toutefois à des paramètres géomécaniques. Ainsi nous décrirons beaucoup plus un "contexte" qu'un réalité précise et vérifiable.

15.2 ENVIRONNEMENT MINIER

La mine est située à l'extérieur des zones déjà exploitées par la compagnie, dans un secteur isolé n'ayant subi aucune influence extérieure. Le socle rocheux est recouvert d'environ 100 pi (30 m) de mort-terrain.

Aucune infrastructure n'est située au voisinage de cette zone, soit à moins de 500 pi (150 m).

15.3 MORTS-TERRAINS

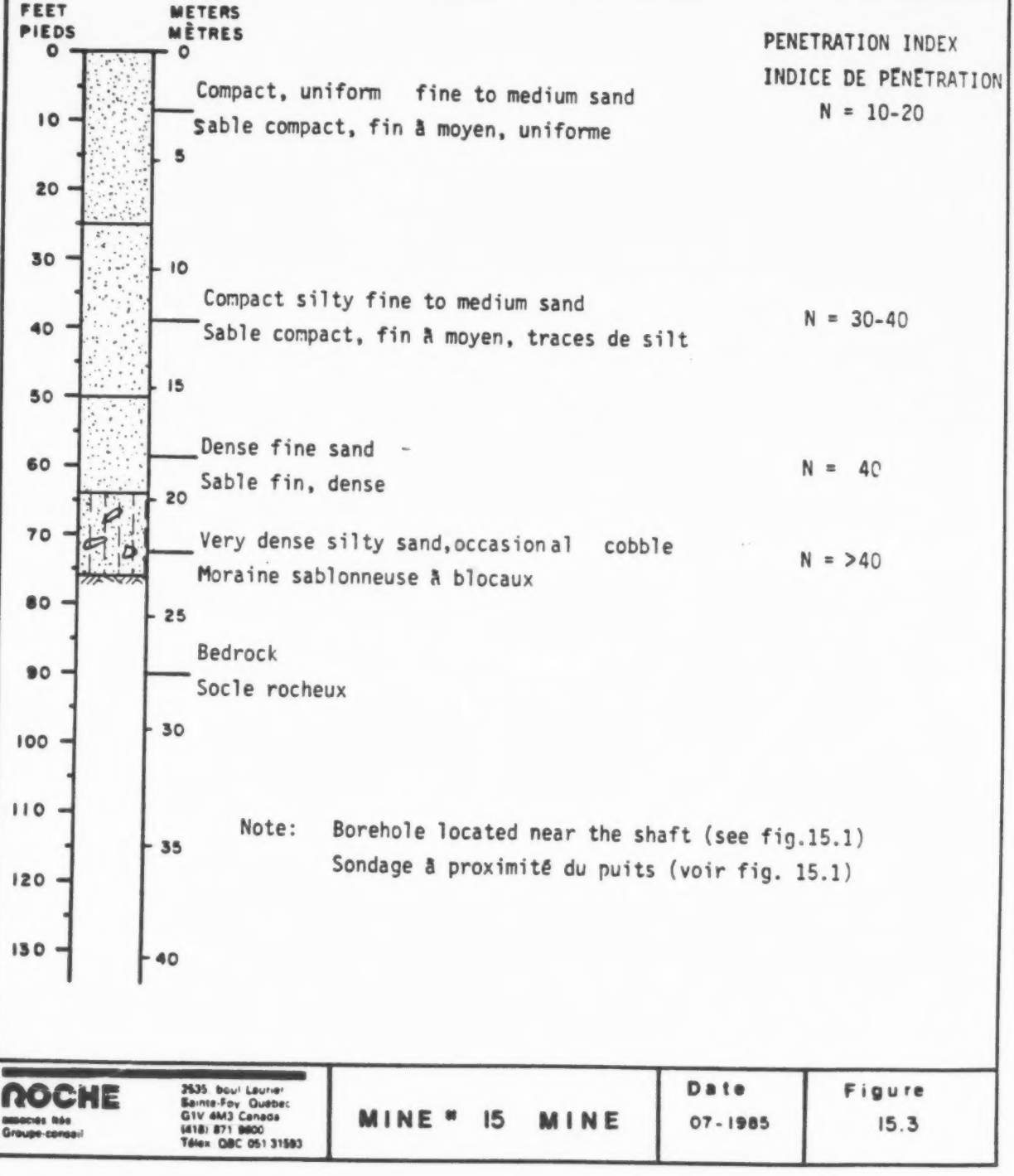
. Etudes et travaux

Une étude géotechnique des sols a été réalisée dans le secteur du puits de la mine, à environ 500 pi (150 m) de la zone étudiée. Les résultats de cette série de sondages sont probablement assez représentatifs de la composition du mort-terrain au-dessus de la veine sud. En effet, le relief de la région est relativement plat et uniforme. De plus, le creusage d'un puits artésien à environ 160 pi (48 m) de la veine a traversé les mêmes formations et atteint le roc à 100 pi (30 m) de profondeur. Un groupe de (5) sondages d'exploration confirme également la position du roc dans ce secteur.

. Stratigraphie et caractéristiques

La figure 15.3 représente le mort-terrain typiquement composé d'un épais dépôt de granulaire dont la densité augmente avec la profondeur. L'horizon de moraine situé au contact avec le socle rocheux est qualifié de très dense. Ces sols n'ont toutefois qu'une très faible capacité d'auto-support et peuvent s'infiltrer advenant la perte du pilier de surface.

SOIL STRATIGRAPHY
STRATIGRAPHIE DU SOL



Note: Borehole located near the shaft (see fig.15.1)
Sondage à proximité du puits (voir fig. 15.1)

ROCHE associés ltée Groupe-conseil — 2535 boul Laurier, Sainte-Foy, Québec, G1V 4M3 Canada, (418) 871 8800, Télex QBC 051 31593	MINE # 15 MINE	Date 07-1985	Figure 15.3

A ce stage de l'analyse, l'on peut estimer que les sols ont les caractéristiques moyennes suivantes:

Porosité Porosity	30-34%
Contenu en eau Water content	16-19%
Poids unitaire (saturé) Unit weight (saturated)	2.16-2.09

15.4 MASSIF ROCHEUX

. Nature des roches

L'éponte inférieure est composée d'andésite à grains fins généralement présente à environ 35 pi (11 m) de la veine de quartz minéralisée. Cette roche métavolcanique est compétente, contient au moins trois (3) familles de joints serrés (non encore cartographiés) et présente des degrés variables d'amphibolitisation.

Au contact immédiat avec la veine, les tufs de forte schistosité parallèle au pendage du gisement contiennent des horizons de chert et deviennent graphiteux. Généralement de bonne compétence, ils sont fréquemment schisteux, plissotés et altérés à proximité de la veine aurifère.

La veine se compose de quartz gris fumé et est parcourue de nombreuses micro-fractures remplies de carbonate, chlorite, séricite ou graphite.

L'on retrouve la même séquence de roche i.e. (tufs et andésite) en s'éloignant dans l'éponte supérieure du gisement.

. Géologie structurale

La compagnie n'a pas encore en mains les éléments nécessaires pour définir précisément la structure du massif rocheux. Les sondages d'exploration ont quand même

permis d'interpréter au moins deux (2) failles principales orientées NE-SO et situées aux extrémités de la veine. La schistosité est très prononcée et parallèle au pendage du gisement.

. Caractéristiques

Des données sur les propriétés géomécaniques des différentes roches ne sont pas disponibles présentement. Les densités moyennes de la zone minéralisée et de l'andésite sont respectivement de 2.8 et 2.6.

Toutefois, la caractéristique la plus importante de cette zone est la pauvre qualité des contacts minerai/-épontes. En effet, la veine de quartz dont la puissance varie de 15 à 25 pi (4,5 à 7,5 m) est habituellement délimitée par des contacts graphitiques. L'épaisseur des veines de graphite varie de quelques pouces à parfois 5 pi (1,5m). Sans avoir en mains des données quantifiables, l'on peut assumer que le coefficient de friction est à toute fin pratique nul entre la veine de quartz et ses épontes. Si la présence du graphite se confirme au niveau supérieur de la zone, cet élément deviendra un facteur clef dans le "design" d'un éventuel pilier de surface.

15.5 CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES

. Morts-terrains

La nappe phréatique originale a été reconnue à environ 50 pi (15 m) sous la surface du sol, dans un sondage situé près du puits. A cause de la topographie, il est probable qu'au-dessus de la zone étudiée elle se situe sensiblement à la même élévation.

. Massif rocheux

Une zone aquifère importante a été interceptée par les galeries de développement sur plusieurs niveaux de la mine. Cet aquifère définit un plan dont la direction est N76°E et le pendage 33°N-O. Les données disponibles sur la position de ce plan à différents niveaux ont permis d'établir l'équation théorique du plan en fonction des coordonnées N-S et de l'élévation d'un point quelconque; il devient alors facile de localiser l'aquifère.

Cette zone a une puissance variable de 5 à 6 pouces 13 à 15 cm) et contient des carbonates très altérés. L'on peut assumer que la majeure partie de l'eau pompée de la mine provient de l'aquifère. Au 2ème niveau seulement, environ 200 (I)GPM (15 l/s) (ou 25% du volume d'eau total pompé) origine de cette zone.

Notons les conclusions qui découlent d'une analyse préliminaire de la situation faite par les autoraités de la mine:

. la source d'alimentation est très importante
. l'eau circule facilement dans l'aquifère

. l'on craint l'érosion des carbonates d'où augmentation du débit.

La position de l'aquifère a également été confirmée par le forage du puits artésien localisé sur la figure 15.1. Ce puits traverse à la fois le mort-terrain et la couche supérieure de roche jusqu'à 300 pi (90 m) de profondeur et est situé au-dessus du plan de l'aquifère. Une importante quantité d'eau a été interceptée à 256 pi (78 m) sous la surface, ce qui correspond bien à la position théorique du plan de l'aquifère.

Notons par contre que ce puits ne produit plus d'eau, la nappe phéhatique originalement située à 50 pi (15 m) sous la surface a été rabattue autour du puits artésien qui semble se drainer dans l'aquifère.

Le personnel de la mine nous indiquait d'ailleurs que proportionnellement à la quantité de galeries de développement réalisées sous terre, le taux d'infiltration dans la mine augmentait sans cesse depuis 1 an. Il se situe actuellement autour de 740 (I)GPM (56 l/s au total.

A l'échelle locale, i.e. au niveau des galeries où des trous de sondage recoupant l'aquifère, les opérations ont réussi à réduire passablement l'infiltration d'eau au moyen d'injection de ciment. Il s'agit d'une technique efficace à l'échelle locale; par contre aucune solution plus générale n'est envisagée pour l'instant.

15.6 OPÉRATIONS MINIÈRES

. Méthode(s) d'exploitation

Dans le cas de cette propriété aucune méthode d'exploitation n'est définitivement sélectionnée. La compagnie poursuit le développement des galeries sur plusieurs niveaux et envisage de débuter sous peu un chantier pilote. Ce dernier aura les caractéristiques suivantes:

- . abattage par longs trous
- . longueur de 130 pi (40m)
- . hauteur 66 pi (20m)
- . puissance de 16 à 20 pi (5-6m)

. Conditions d'opération

De même que les méthodes d'extraction, les paramètres d'opération sont encore à l'étude. Par ailleurs, en relation avec le pilier de surface, aucune exploitation ne sera faite (pour l'instant) au-dessus du niveau 3 soit à moins de 500 pi (150 m) du contact sol/roc.

15.7 SOUTÈNEMENT ET MÉTHODES DE RENFORCEMENT

. Soutènement primaire

Il est trop tôt pour dire quelle sera la technique sélectionnée.

.Remblayage et renforcement

A l'extérieur de l'influence de la veine de quartz dans l'andésite et les tufs, les galeries d'accès de 8 x 9 pi 2,4 x 2,7 m) ne nécessitent que peu de support; localement des boulons conventionnels de 5 pi (1,5 m) sont utilisés.

Par ailleurs, au contact immédiat avec la veine, plus particulièrement jusqu'à 13 ou 17 pi (4 ou 5 m) dans l'éponte supérieure, la roche schisteuse et graphiteuse a tendance à se disloquer, nécessitant ainsi un boulonnage serré souvent accompagné de grillage.

La veine elle-même a été recoupée longitudinalement à plusieurs niveaux et sous-niveaux. La présence de microfissures remplies de produits d'altération occasionne des problèmes locaux de stabilité du toit. Celui-ci se supporte mal lorsque sa portée excède environ 15 pi (4.6 m). Les opérateurs ont utilisé des cages de bois comme support du toit dans un secteur du niveau 3.

15.8 PROGRAMME DE SURVEILLANCE

Aucun pour l'instant, cet aspect du minage reste à déterminer.

15.9 CONCEPTION DU (DES) PILIER(S) DE SURFACE

. Personnel impliqué

Cette propriété est relativement petite et en est à ses débuts. La conception du développement et l'exploitation relève du personnel en place, principalement de l'ingénieur de mine, sous la supervision des directeurs géologie et exploitation (figure 15.4).

. Etapes chronologiques

La compagnie débute l'étude de cette zone. L'on s'attend à procéder par étapes de la façon suivante:

i) évaluation de la zone aquifère
ii) forages géotechniques en surface
iii) étude géomécanique

Les informations recueillies serviront à la conception d'un éventuel pilier de surface.

. Facteurs de conception

Ne s'applique pas dans ce cas.

. Dimensions des piliers

Ne s'applique pas dans ce cas.

ORGANIZATION CHART - PILLARS DESIGN
ORGANIGRAMME - CONCEPTION DES PILIERS

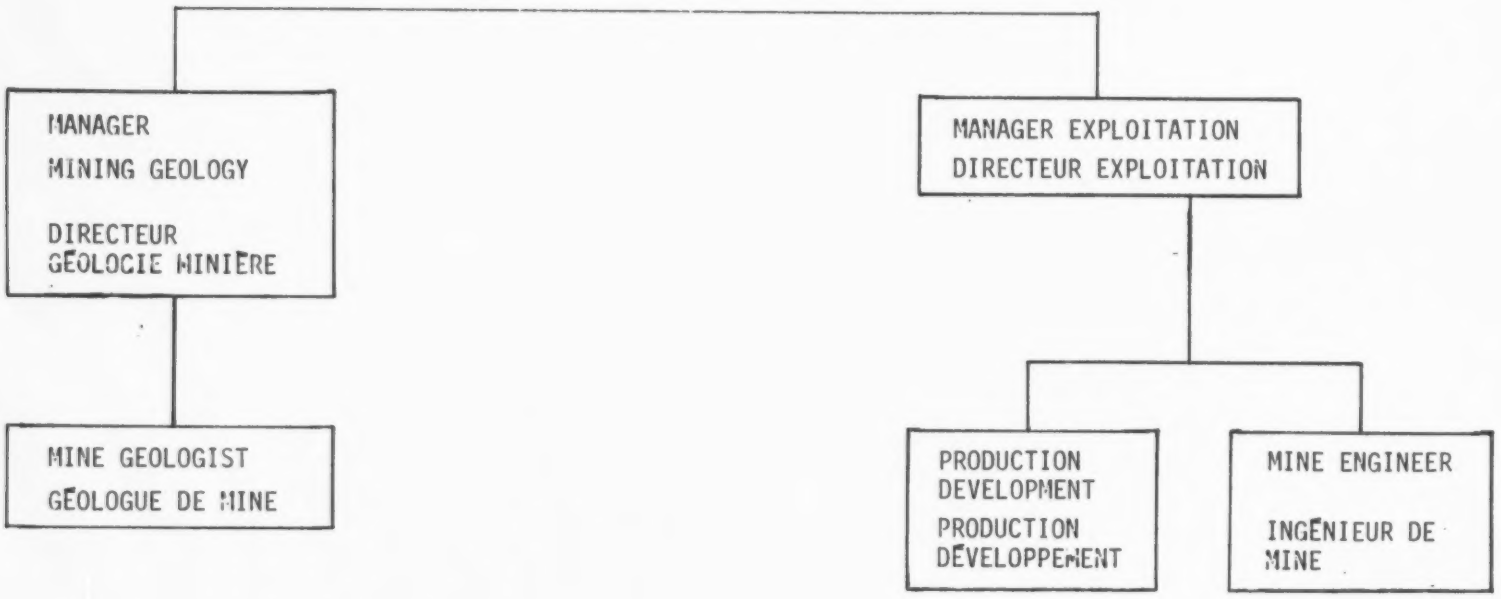


Figure 15.4

15.10 ÉVALUATION VISUELLE DU (DES) PILIERS DE SURFACE

Notre visite des galeries de la zone sud de l'exploitation ne nous a évidememnt pas permis de visualiser le secteur du pilier de surface jusqu'à présent inaccessible.

Toutefois, le géologue de la mine nous informait qu'à son avis il est plausible d'assumer une continuité des structures géologiques jusqu'au contact avec le mort-terrain (sans faire référence à la teneur ou la valeur de la zone minéralisée).

A l'extérieur de la zone minéralisée le roc est très compétent; nous estimons la valeur du RQD à 80% et plus. La seule exception se retrouve lorsqu'une galerie traverse l'aquifère ou la faille majeure. Les problèmes de stabilité augmentent à environ 30 pi (9 m) de la zone minéralisée où les valeurs du RQD peuvent diminuer progressivement jusqu'à près de 0 à certains endroits où la roche devient schisteuse et/ou graphiteuse.

Quant à la zone aurifère, (la veine de quartz) elle apparaît très compétente et peu fracturée. Toutefois, nous l'avons déjà souligné au chapitre du soutènement, elle a tendance à former des fissures de tension lorsque la portée du toit est supérieure à 15 pi (4,6 m). Le poids propre de la roche et l'influence du sautage sont probablement responsables de ce fait.

15.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

La direction de la mine est à la recherche de solutions économiquement rentables. Tout effort de diffusion d'informations techniques dans le domaine de l'hydrogéologie ou de la mécanique des roches appliquée aux gisements de faible tonnage ($\approx$ 500 000 tonnes) serait souhaité. L'aspect économique des études est considéré comme très importante.

MINE #16

TABLE DES MATIERES

		PAGE
16.0	RESUME DE LA VISITE	429
16.1	INFORMATIONS GENERALES	431
	.Géologie régionale	
	.Géologie locale	
	.Caractéristiques du gisement	
16.2	ENVIRONNEMENT MINIER	435
16.3	MORTS-TERRAINS	436
	.Etudes et travaux	
	.Stratigraphie et caractéristiques	
16.4	MASSIF ROCHEUX	438
	.Nature des roches	
	.Géologie structurale	
	.Caractéristiques	
16.5	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	441
	.Morts-terrains	
	.Massif rocheux	
16.6	OPERATIONS MINIERES	442
	.Méthode(s) d'exploitation	
	.Conditions d'opération	
16.7	SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT	445
	.Soutènement primaire	
	.Remblayage et renforcement	
16.8	PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE	447
	.Mesure des contraintes	
	.Mesure des déplacements	
	.Autres programmes	
16.9	CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	448
	.Personnel impliqué	
	.Etapes chronologiques	
	.Facteurs de conception	
	.Dimensions des piliers	
16.10	EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	454
16.11	COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	455

16.0 RESUME DE LA VISITE

Le gisement est constitué de sulfures massifs métavolcanogéniques et volcanogéniques minéralisés en zinc, plomb, argent, cuivre et très peu d'or. La forme du gisement est rendue complexe par l'influence de quatre (4) phases de déformations. La minéralisation s'étend jusqu'en surface et l'ensemble du gisement montre un pendage moyen de 75°. Les épontes sont constituées de métasédiments.

Le mort-terrain a été enlevé sur environ 2/3 de la longueur du gisement. Les sols sont composés de sable et gravier glaciaires reposant sur une zone oxydée du type gossan. L'épaisseur des sols et de cette zone oxydée varie de 25 à 40 pieds (8 à 12 m).

Les piliers de surface ont été partiellement exploités. La couche minéralisée située entre 0 et 500 pieds (152 m) a été exploitée par quatre méthodes différentes: de la surface vers le bas ont été utilisées l'exploitation à ciel ouvert pour la partie nord du gisement, la méthode "avoca", la méthode coupe et remblai et la méthode des chantiers ouverts et longs trous.

Au cours de l'exploitation à ciel ouvert, la partie centrale du massif rocheux recouvrant le gisement s'est effondrée dans les chantiers ouverts sous-jacents. Suite à cet incident, l'exploitation des chantiers supérieurs a été arrêtée et le tout a été remblayé de roches stériles à partir de la surface. Ce n'est que cinq années

plus tard que l'exploitation partielle des chantiers supérieurs reprit.

La conception initiale du pilier de surface était fondée sur la relation suivante:

> Epaisseur de pilier de surface = 3 x largeur chantiers sous-jacents.

16.1 INFORMATIONS GENERALES

. Géologie régionale

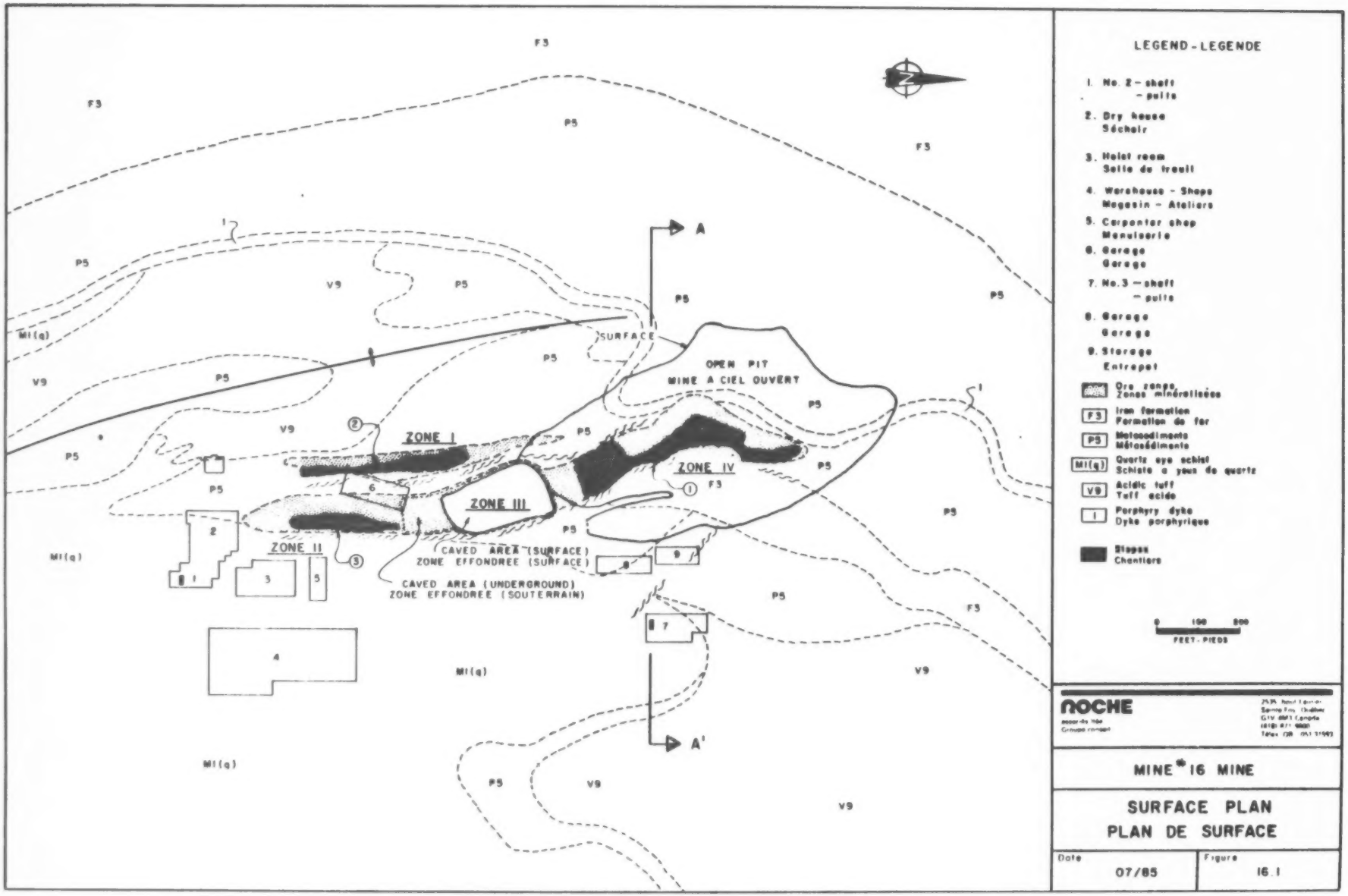
La région est caractérisée par une ceinture de roches très plissées composée d'unités sédimentaires ordoviciennes et volcaniques localisées dans la zone orogénique des Appalaches. Ces roches ont été matamorphisées (faciès schistes verts) et foretement déformées durant les Orogènes Taconienne et Acadienne. Une intrusion granitique datant du Dévonien et des couches sédimentaires du Pensylvanien limitent du côté est les roches ordoniciennes.

. Géologie locale

Quatre (4) phases de déformation ont été identifiées dans la région minière. Ces déformations ont provoqué la séparation d'un dépôt de sulfures massifs en quatre zones séparées par des métasédiments. Les sulfures massifs sont situés entre un grauwacke contenant de l'argilite et une argilite très schisteuse changeant graduellement en une argilite massive. Au voisinage de la minéralisation on retrouve des roches volcaniques basiques, une formation de fer, du tuf siliceux, des métasédiments chloritisés et des schistes "oeillés". (Voir figure 16.1 & 16.2).

. Caractéristiques du gisement

Le gisement est un dépôt de sulfures massifs du type métavolcanique et volcanogénique contenant du zinc, du plomb, de l'argent, du cuivre et très peu d'or. La forme du gisement est complexe en raison des phases de

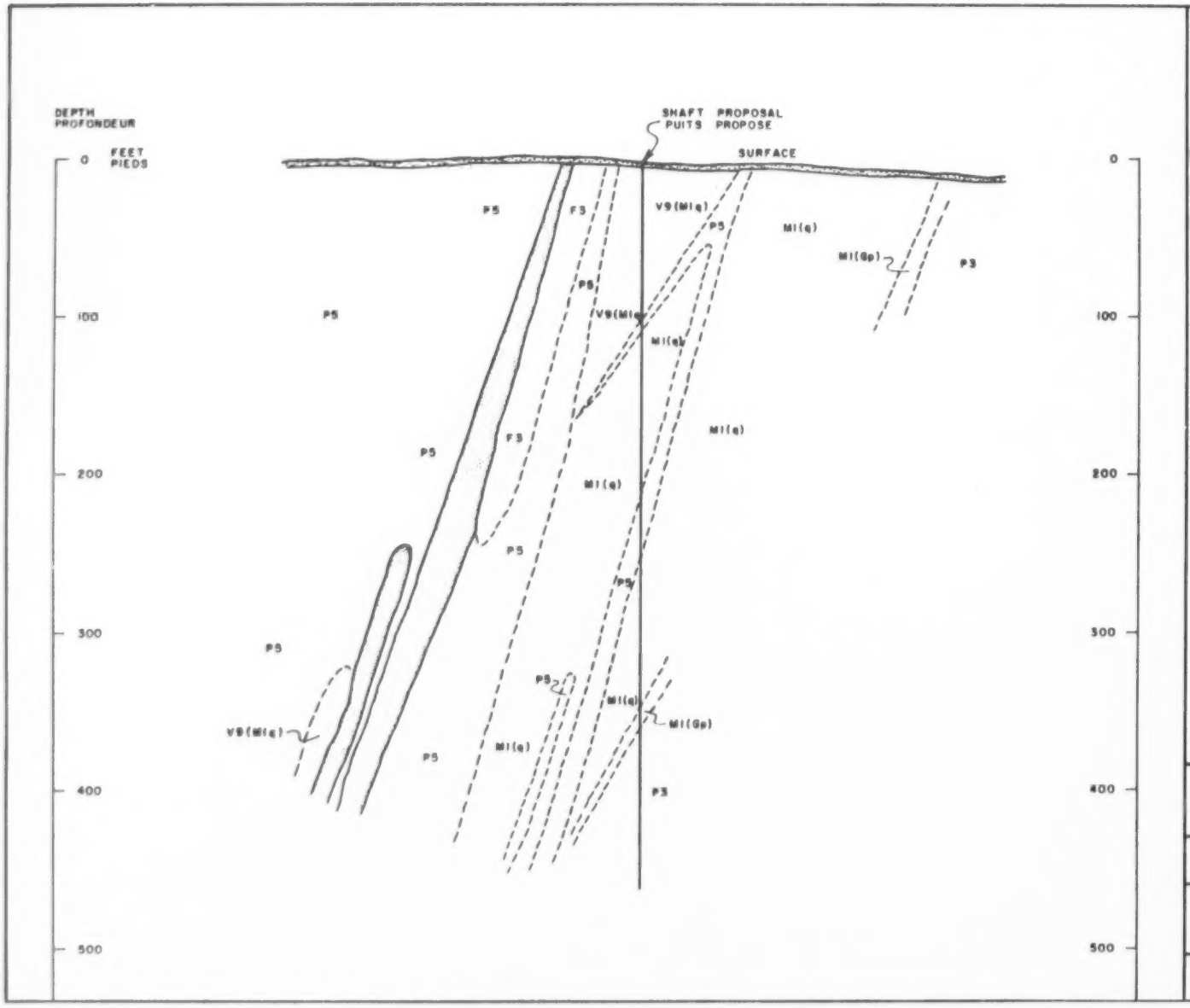


NOCHE

MINE #16 MINE

SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE

Date	Figure
07/85	16.1



LEGEND - LEGENDE

- Ore zones / Zones minéralisées
- F3 — Iron formation / Formation de fer oxidé
- V9(Mlq) — Cristal tuff and QES XT / Tuff à cristaux de quartz
- Ml(q) — Quartz eye schist / Schiste à yeux de quartz
- Ml(Gp) — Graphite Schist / Schiste à graphite
- P3 — Greywacke
- P5 — Metasediments (mostly argillite) / Métasédiments (surtout argillite)

0 200 400
FEET - PIEDS

SECTION A-A'
COUPE

noche

MINE # 16 MINE

GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE

Date	Figure
06/85	16.2

déformations qui ont modifié l'état original du dépôt. Les dimensions moyennes du gisement et ses principales caractéristiques sont:

longueur	largeur	profondeur
1300 pieds (400 m)	150 pieds (46 m)	3700 pieds (1128 m)

L'orientation et le pendage du gisement sont respectivement N-S et 75°O.

La largeur et la longueur du gisement augmentent avec la profondeur.

La production est continuelle et d'environ 10 500t par jour.

16.2 ENVIRONNEMENT MINIER

Quelques bâtiments de surface surplombent la région des piliers de surface, notamment un garage situé juste au-dessus des chantiers supérieurs de la partie sud de la mine (voir figure 16.1). Du côté nord, le gisement a été exploité partiellement à ciel ouvert: durant l'exploitation du deuxième banc, un effondrement est survenu dans la zone minéralisée principale, entre la mine à ciel ouvert et la partie ouest du gisement. Suite à cet effondrement, les opérations à ciel ouvert ont cessé et la zone effondrée en surface fut remblayée de façon à consolider cette partie instable du terrain.

Les puits sont situés à environ 300 pi (91 m) des chantiers supérieurs. Aucune autre mine souterraine n'est située dans le voisinage de la mine visitée.

16.3 MORTS-TERRAINS

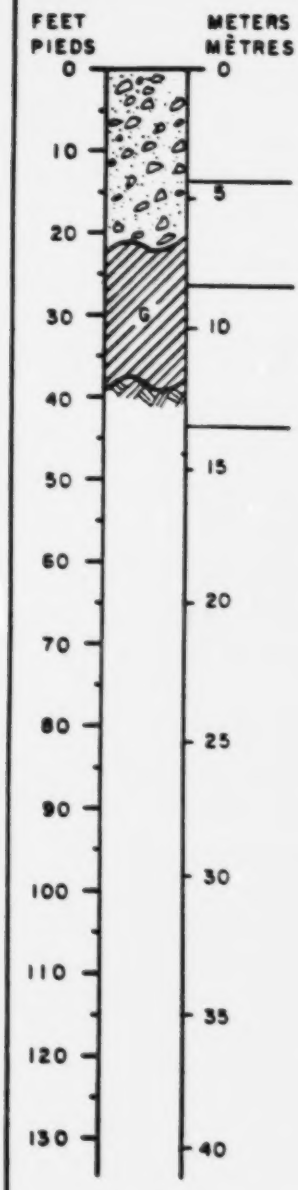
. Etudes et travaux

Aucune étude géotechnique n'a été entreprise sur les sols recouvrant les piliers de surface. Le mort-terrain a été enlevé sur environ deux tiers (2/3) de la longueur du gisement et une étude visuelle des sols a été effectuée au cours de ces travaux.

. Stratigraphie et caractéristiques

Les sols recouvrant la mine sont composés principalement de gravier et de sable d'origine glaciaire. Au-dessous de ces sols on retrouve une zone d'oxydation du type "gossan" dans la partie supérieure des sulfures massifs, au contact du mort-terrain - massif rocheux. L'épaisseur des sols et de la zone oxydée varie de 25 à 40 pi (8 à 12m) (voir figure 16.3).

SOIL STRATIGRAPHY
STRATIGRAPHIE DU SOL



Gravel and sand, glacial origin
gravier et sable d'origine glaciaire

Oxidized massive sulphides: gossan type
Sulfures massifs oxydés de type "gossan"

Bedrock
Roc

ROCHE associés ltée Groupe-conseil 2535, boul. Laurier Sainte-Foy, Québec G1V 4M3 Canada (418) 871 9800 Télex: OBC 051 31583	MINE # 16 MINE	Date 07-1985	Figure 16.3

16.4 MASSIF ROCHEUX

. Nature des roches

Le massif rocheux se détaille comme suit:

éponte inférieure: métasédiments et formation de fer
gisement : sulfures massifs à grains fins
éponte supérieure: métasédiments

La silicification, la chloritisation et la séricitisation constituent les principales altérations chimiques et leur étendue varie d'un endroit à l'autre.

. Géologie structurale

Des systèmes de failles et des zones de cisaillement se sont développées au cours des phases de déformations mentionnées au point 16.1. Deux failles majeures distancées d'environ 80 pi (25m) parcourent subparallèlement le gisement. Un complexe de failles mineures accompagne ces deux grandes failles. La schistosité est bien développée et suit généralement la direction du gisement.

Les joints sont orientés aléatoirement et sont localisés principalement dans les zones très plissées. L'ouverture des joints est généralement très faible (< 0.03 po ou < 0.08 cm) et les matériaux communs de remplissage sont le quartz et la chlorite. Selon la direction minière la pression d'eau dans ces joints est presque nulle près du contact de la paroi rocheuse. Par endroits la surface des galeries peut être humide.

Des mesures de contraintes effectuées au niveau 2800 ont démontré que la contrainte horizontale majeure équivalait à environ au double de la contrainte verticale:

$\sigma h = 2\sigma v = 8000$psi (55 MPa)

Le contact éponte - sulfures massifs est clairement défini dans l'ensemble du gisement.

. Caractéristiques

Quelques caractéristiques géométriques du massif rocheux sont présentées dans le tableau 16.1. Les sulfures massifs offrent une résistance très élevée en compression. Les valeurs de résistance en compression proviennent d'essais standards exécutés sur douze (12) échantillons de chaque type de roche. Aucune détermination systématique du R.Q.D. n'a été effectuée au cours des campagnes de forage.

ROCK CHARACTERISTICS

TABLE 16.1

CARACTÉRISTIQUES DE LA ROCHE

TABLEAU 16.1

LOCATION EMPLACEMENT		FOOT WALL ÉPONTE INFÉRIEURE	OREBODY GISEMENT	HANGING WALL ÉPONTE SUPÉRIEURE
ROCK TYPE TYPE DE ROCHE		METASEDIMENTS AND IRON FORMATION / METASEDIMENTS ET FORMATION DE FER	MASSIVE SULPHIDE / SULFURES MASSIFS	METASEDIMENTS / METASEDIMENTS
DENSITY DENSITÉ		2.9 - 3.0	4.3	2.9 - 3.0
COMPRESSIVE STRENGTH RÉSISTANCE EN COMPRESSION	psi x 10^3 (MPa)	9 - 15 (62 -103)	20 50 (138-345)	5 - 10 (34 - 69)
SHEAR STRENGTH RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-
TENSILE STRENGTH RÉSISTANCE EN TENSION	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-
POINT LOAD STRENGTH INDICE DE DOUBLE POINCONNEMENT	psi x 10^3 (MPa)	-	-	-
POISSON'S RATIO RAPPORT DE POISSON		-	0.2	-
YOUNG'S MODULUS MODULE DE YOUNG	psi x 10^6 (GPa)	4 - 12 (28 - 83)	15-30 (103-207)	4 - 10 (30 - 69)
RQD %		-	-	-
GEOMECHANICAL CLASSIFICATION CLASSIFICATION GÉOMÉCANIQUE		-	180-NGI estimated	-

16.5 CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES

.. Mort-terrain

Le mort-terrain est généralement sec, sauf durant la fin du printemps quand la neige fond rapidement. Aucun réseau de piézomètre n'a été installé au-dessus des piliers de surface.

. Massif rocheux

Les entrées d'eau dans la mine demeurent très faibles et un débit de pompage de 300 (US)GPM (19 l/s) suffit à garder la mine au sec.

Aucune injection de ciment n'a été effectuée dans la partie supérieure du massif rocheux.

16.6 OPÉRATIONS MINIÈRES

. Méthode(s) d'exploitation

Avant 1969, et au-dessus du niveau 1400, les chantiers étaient exploités entièrement par la méthode des chambres vides. Afin de diminuer la dilution, cette méthode d'exploitation a été remplacée en 1969 par la méthode coupe et remblai dans l'ensemble de la mine, sauf pour la partie supérieure des piliers de surface qui fut exploitée à ciel ouvert et aussi par la méthode des longs trous avec remblayage immédiat.

. Conditions d'opération

Originalement la partie supérieure de la mine était exploitée par la méthode des chambres vides. Cette zone était comprise entre les niveaux 1400 et la surface. Cependant les chantiers supérieurs qui débutaient au niveau 300 ont été arrêtés au niveau 200. L'épaisseur des piliers de surface variait alors autour de 200 pi (60 m). Les chantiers exploités par chambres vides ont été partiellement remblayés après le soutirage jusqu'à 6 pi (1,8 m) du plafond.

En 1971, le secteur nord du pilier de surface a été exploité à ciel ouvert. Un premier banc de 40 pi (0,2 m) de hauteur a été miné sans problème alors que dès le début de l'exploitation du second banc, les piliers de surface centraux se sont effondrés dans la partie non remblayée des chantiers sous-jacents. Cet effondrement s'est produit environ une (1) heure après le dynamitage du banc.

Suite à cet incident, aucune activité n'a été entreprise dans le secteur des piliers de surface. Les autorités ont simplement arrêté l'exploitation de la mine à ciel ouvert, remblayé la zone effondrée et laissé le tout se consolider.

Ce n'est que cinq (5) ans plus tard que la décision fut prise d'aller récupérer le reste des piliers de la zone principale, ainsi qu'une seconde veine subparallèle localisée à 80 pi (24 m) plus à l'ouest.

La procédure fut la suivante:

1- reconnaissance des zones demeurées intactes des piliers de surface;

2- développement d'accès sous les piliers;

3- minage par coupe et remblai des zones I, II et IV (figure 16.1) jusqu'à 50 pi (15 m) de la surface du roc;

4- minage jusqu'en surface des zones I et IV par la méthode "avoca" (minage par longs trous avec remblayage immédiat);

5- abandon d'un pilier de surface permanent dans la zone II pour la protection.

En général les lentilles de minerai sont exploitées longitudinalement (1300 pi: 400 m), sur leur pleine largeur (moyenne: 60 pi: 18 m). La hauteur des chantiers varient autour de 450 pi (137 m). L'étendue des toits est généralement limitée à 55 pi (17m), mais à

l'occasion elle peut être augmentée jusqu'à 80 pieds (24 m) lorsque les conditions de terrain le permettent . Le pourcentage d'extraction est près de 100 et les chantiers ouverts sont remblayés environ cinq à six mois plus tard.

La roche hôte ne pose plus de problème de dilution avec la méthode coupe et remblai, mais localement les sulfures massifs à basse teneur doivent être soigneusement supportés.

Cinq opérations caractérisent l'exploitation des chantiers:

- forage
- dynamitage
- boulonnage
- chargement
- remblayage

Toutes les coupes de chantiers sont exécutées avec des trous dirigés vers le haut. Le diamètre des trous est 1 5/8 po (4.1cm) et le patron de forage s'étend sur une maille de 4 pi x 6 pi (1.22m x 1.83m). Les trous sont inclinés à 65° en direction du sautage et leur profondeur est 14 pi (4.3m) ou 16 pi (4.9m) selon la hauteur des coupes à exploiter. Le facteur de chargement des trous est 0,45 lbs/t (0.20 kg/t).

16.7 SOUTÈNEMENT ET MÉTHODES DE RENFORCEMENT

. Soutènement primaire

Aucun pilier de paroi n'a été laissé dans les chantiers supérieurs.

. Remblayage et renforcement

Les boulons conventionnels sont couramment utilisés dans toute la mine. Des boulons avec coquilles d'expansion, des tiges cimentées et des tiges résinées sont employés dans certains chantiers ou galeries. Près de la région effondrée des câbles et des tiges d'acier sont utilisés pour maintenir la stabilité et contrôler la dilution. L'utilisation de treillis métalliques s'avère parfois nécessaire dans les zones plus friables. Des structures de bois ont été érigées sur le dessus du remblai d'un chantier couvrant la partie nord du gisement. Ces mesures étaient destinées à accroître la stabilité des parois d'un pilier de minerai à basse teneur laissé dans ce chantier.

Les chantiers supérieurs n'ont été que partiellement remblayés. Le remblai utilisé est de la roche concassée (50% poids) de 1 po (2.5 cm) acheminée par voie sèche dans les chantiers.

Depuis 1977, la technique du pré-boulonnage est utilisée pour contrôler la stabilité du toit des chantiers où des joints à pendage subhorizontaux ont été observés.

Le pré-boulonnage consiste à percer à chaque seconde ligne de forage un trou de profondeur supplémentaire de 8 pi (2.4 m) et d'y insérer une tige d'acier d'armature (#9) avec la résine. La première partie du trou est dynamitée normalement. Cette technique permet également une diminution des délais dans l'ensemble des travaux de renforcement.

16.8 PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE

. Mesures des contraintes

Aucune mesure des contraintes n'a été effectuée dans la région des piliers de surface. Par contre, des mesures ont été faites au niveau 2800.

. Mesure des dép'acements

Aucune mesure des déplacements n'a été effectuée dans la région des piliers de surface.

. Autres programmes

Une inspection visuelle sommaire est exécutée une fois par deux semaines et aucun rapporet n'est produit lors de ces visites.

16.9 CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE

. Personnel impliqué

Les départements impliqués dans la conception des piliers sont indiqués à la figure 16.4. Le département de la planification minière est celui qui initie les travaux d'exploitation et qui dimensionne les piliers en fonction des données recueillies dans les départements de mécanique des roches, de la planification à long terme et de la géologie. Le surintendant des mines et le surintendant de l'ingénierie minière approuvent ou modifient les dimensions planifiées. Un consultant de l'extérieur a été mandaté pour exécuter les travaux suivants: mesures de contraintes, modélisation numérique, renforcement et diverses consultations techniques reliées aux travaux en profondeur.

. Étapes chronologiques

Tel que mentionné à la section 16.6 (OPÉRATIONS MINIÈRES), l'exploitation des piliers de surface s'est échelonnée sur plusieurs phases:

- exploitation par chambres vides et sous niveaux des chantiers situés à plus de 200 pi (60m) de profondeur;
- exploitation par coupes successives et remblayage partiel entre 200 pi (60m) et 50 pi (15m) de profondeur;
- exploitation partielle du gisement à ciel ouvert (1 banc);

ORGANIZATION CHART - PILLARS DESIGN
ORGANIGRAMME - CONCEPTION DES PILIERS

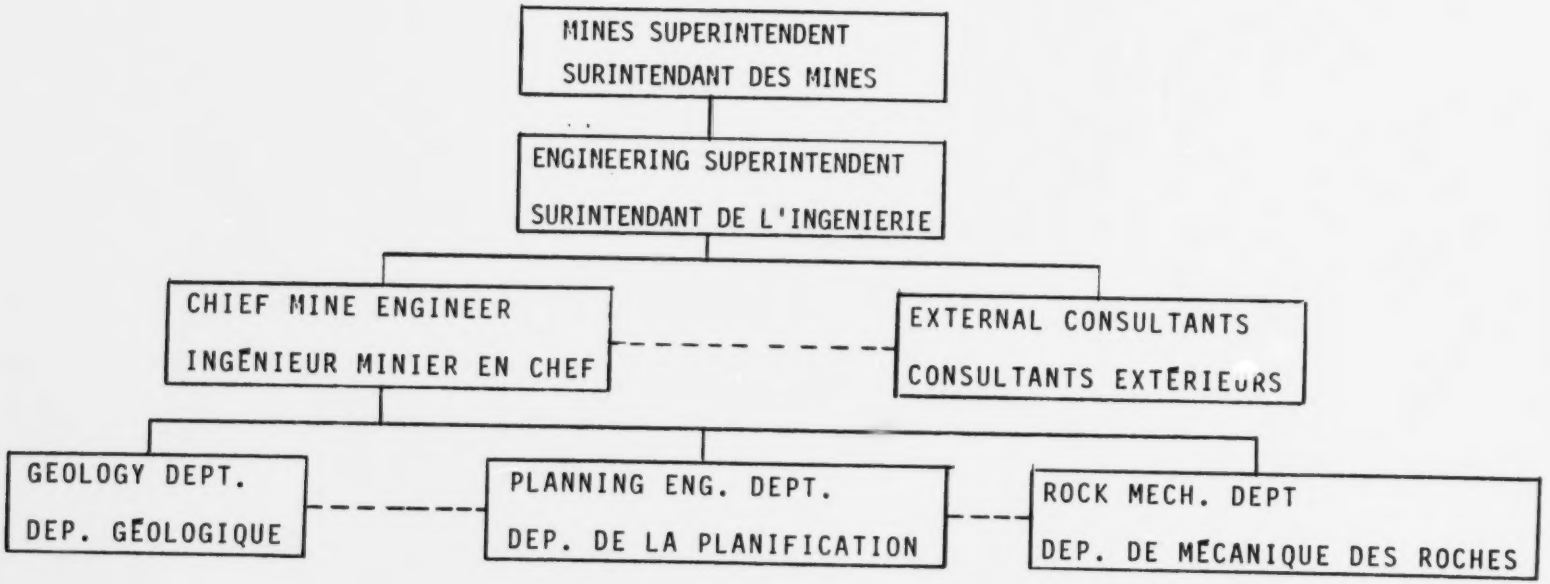


FIGURE 16.4

- exploitation partielle du gisement par la méthode "avoca" (minage par longs trous et remblayage immédiat) de la tranche supérieure 0-50 pieds (15m). Les autorités minières ont mentionné que suite à l'effondrement survenu peu après le sautage du deuxième banc à ciel ouvert, les chantiers sous-jacents situés entre 200 et 495 pieds de profondeur (61 et 151m) ont été systématiquement boulonnés et remblayés.

A environ 6 milles (10 km) au sud-est de la mine visitée, un deuxième gisement a été exploité par la même compagnie. L'exploitation débuta à ciel ouvert, jusqu'à environ 500 pieds (152 m) de profondeur. Les murs de la fosse sont inclinés à environ 65°. Par la suite une rampe souterraine a été creusée à partir du fond de la fosse et deux veines séparées d'environ 300 pieds (91m) ont été exploitées par la méthode coupe et remblai. Une première veine était localisée dans un mur de la fosse et la seconde passait au centre de la fosse. La partie supérieure de la première veine a été exploitée par la méthode "avoca" et la seconde veine fut minée à partir de 150 pieds (46m) jusqu'à 50 pieds (15m) sous le plancher de la fosse.

Au cours de l'exploitation du pilier situé dans le fond de la fosse, la vélocité sonique du massif rocheux entourant la zone critique des travaux miniers a été déterminée à quelques reprises: des valeurs moyennes de 300 à 400 po/s (800-1000 cm/s) ont été enregistrés. Toute baisse notable de la vélocité sonique aurait indiqué un changement des conditions régant dans le massif rocheux. Des inspections visuelles, des programmes de surveillance basés sur des stations (prismes) en

surface et des extensomètres logés dans le massif rocheux et finalement une modélisation des ouvertures ont été effectués pour suivre l'évolution des conditions de terrain et aider à prévenir tout incident majeur. Trois stations avec prisme étaient fixées dans les murs de la fosse et des doubles lectures au théodolite étaient prises trois fois par jour durant l'exploitation du dernier 50 pi (15m) de minerai dans le fond de la fosse. Cette dernière tranche a été exploitée en deux bancs successifs de 25 pi (7.5m) d'épaisseur.

Parallèlement aux lectures des stations, six extensomètres répartis dans le mur ouest étaient lus journalièrement. Deux extensomètres étaient insérés dans une faille majeure traversant la fosse selon la direction ONO et et un pendage de 80°NE.

La modélisation par ordinateur prédisait des concentrations élevées de l'ordre de 12 KSI (83 MPa) dans le pied de la fosse. La résistance en compression de la roche était estimée à 6-7 KSI (40-50 MPa) et selon les prédictions, le pilier s'est fracturé avant l'extraction du dernier banc. Les contraintes horizontales étaient estimées au double des contraintes verticales.

. Facteurs de conception

Le dimensionnement initial des piliers de surface était basé sur l'expérience pratique du personnel minier. L'épaisseur moyenne de ces piliers fut déterminée de la façon suivante:

> Epaisseur du pilier de surface = 3 x largeur des chantiers sous-jacents.

Par la suite, les dirigeants de la mine ont décidé d'exploiter partiellement les piliers de surface en suivant les étapes mentionnées précédemment.

. Dimensions des piliers

Le tableau 16.2 présente les dimensions actuelles des piliers de surface et des chantiers sous-jacents: le rapport épaisseur du pilier/largeur du chantier varie entre 2,5 et 4,2.

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 16.2
TABLEAU 16.2

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		# 1	# 2	# 3					
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	-	-	-					
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	*	(30) (9)	(30) (9)					
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	50** (15)	50 (15)	50 (15)					
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	20 (6)	12 (4)	15 (5)					
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	220 (67)	160 (49)	105 (32)					
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		2,5	4,2	3,3					
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)	450 (137)	450 (137)	450 (137)					
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI	feet-pi. (m)	450 (137)	450 (137)	450 (137)					

* : Removed - enlevé
** : Exploited - exploité

16.10 EVALUATION VISUELLE DU (DES) PILIER(S) DE SURFACE

Les chantiers supérieurs ne sont plus accessibles. Une visite de la mine à ciel ouvert a quand même permis de recueillir des informations sur les conditions du massif rocheux. Des plans de schistosité bien développés et à fort pendage (60-70°) caractérisent une partie du premier banc exploité. Sur ce même banc, le massif montre également des systèmes de fractures produisant des blocs de dimensions variables de quelques pouces (cm) à plusieurs pieds d'épaisseur (6-10 pi: 2-3 m).

Près de la mine à ciel ouvert, la zone effondrée a été remplie de roches stériles et nivelées en surface.

Aucune trace d'eau ou de réseau hydraulogique n'a été observée en surface.

Une émanation de gaz méthane provenant du massif rocheux a été perçue au niveau du premier banc de la mine à ciel ouvert.

16.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

D'après la direction de la mine, l'effondrement survenu en 1971 fut le seul problème majeur relié à l'exploitation des piliers de surface. Aucune caractéristique ou événement permettant de prédire cet effondrement n'avait été observé dans les semaines précédentes. Par contre, personne ne fut blessé au cours de cet effondrement, lequel s'est produit peu après le sautage du deuxième banc de la fosse. La cause première de cet incident est imputée au haut degré de fracturation du massif rocheux et à l'influence des travaux miniers souterrains.

Aucun problème d'eau n'a été signalé depuis le début des opérations et les problèmes actuels reliés à l'exploitation minière et à la stabilité des chantiers ne concernent pas la partie supérieure du gisement.

MINE #17

TABLE DES MATIERES

		PAGE
17.0	RESUME DE LA VISITE	458
17.1	INFORMATIONS GENERALES	459
	.Géologie régionale	
	.Géologie locale	
	.Caractéristiques du gisement	
17.2	ENVIRONNEMENT MINIER	462
17.3	MORTS-TERRAINS	463
	.Etudes et travaux	
	.Stratigraphie et caractéristiques	
17.4	MASSIF ROCHEUX	465
	.Nature des roches	
	.Géologie structurale	
	.Caractéristiques	
17.5	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	467
	.Morts-terrains	
	.Massif rocheux	
17.6	OPERATIONS MINIERES	468
	.Méthode(s) d'exploitation	
	.Conditions d'opération	
17.7	SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT	470
	.Soutènement primaire	
	.Remblayage et renforcement	
17.8	PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE	471
	.Mesure des contraintes	
	.Mesure des déplacements	
	.Autres programmes	
17.9	CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	472
	.Personnel impliqué	
	.Etapes chronologiques	
	.Facteurs de conception	
	.Dimensions des piliers	
17.10	EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	476
17.11	COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	477

17.0 RÉSUMÉ DE LA VISITE

Le gisement est constitué d'une veine régulière de quartz-stibnite contenant en moyenne 13% d'antimoine sur une épaisseur de 5 pi (1.5m). La veine s'étend sur une longueur de 1200 pi (366m) et descend à plus de 750 pi (230m) de profondeur.

L'épaisseur du mort-terrain couvrant l'unique pilier de surface varie de 0 à 6 pi (2m). Le niveau piézométrique est situé plus bas que le contact sol-roc. Les conditions hydrogéologiques dans le massif rocheux sont facilement contrôlées: 200 à 300 (US)GPM (13 à 19 l/s) sont pompés de la mine.

Le pilier de surface montre une épaisseur de 70 pi (21m) et recouvre un chantier incliné à 33° et parsemé de piliers distribués aléatoirement. Aucun remblai n'est utilisé et les boulons sont utilisés localement dans les niveaux plus profonds. Les dimensions du pilier de surface découlent principalement de la répartition du minerai dans la partie supérieure du gisement.

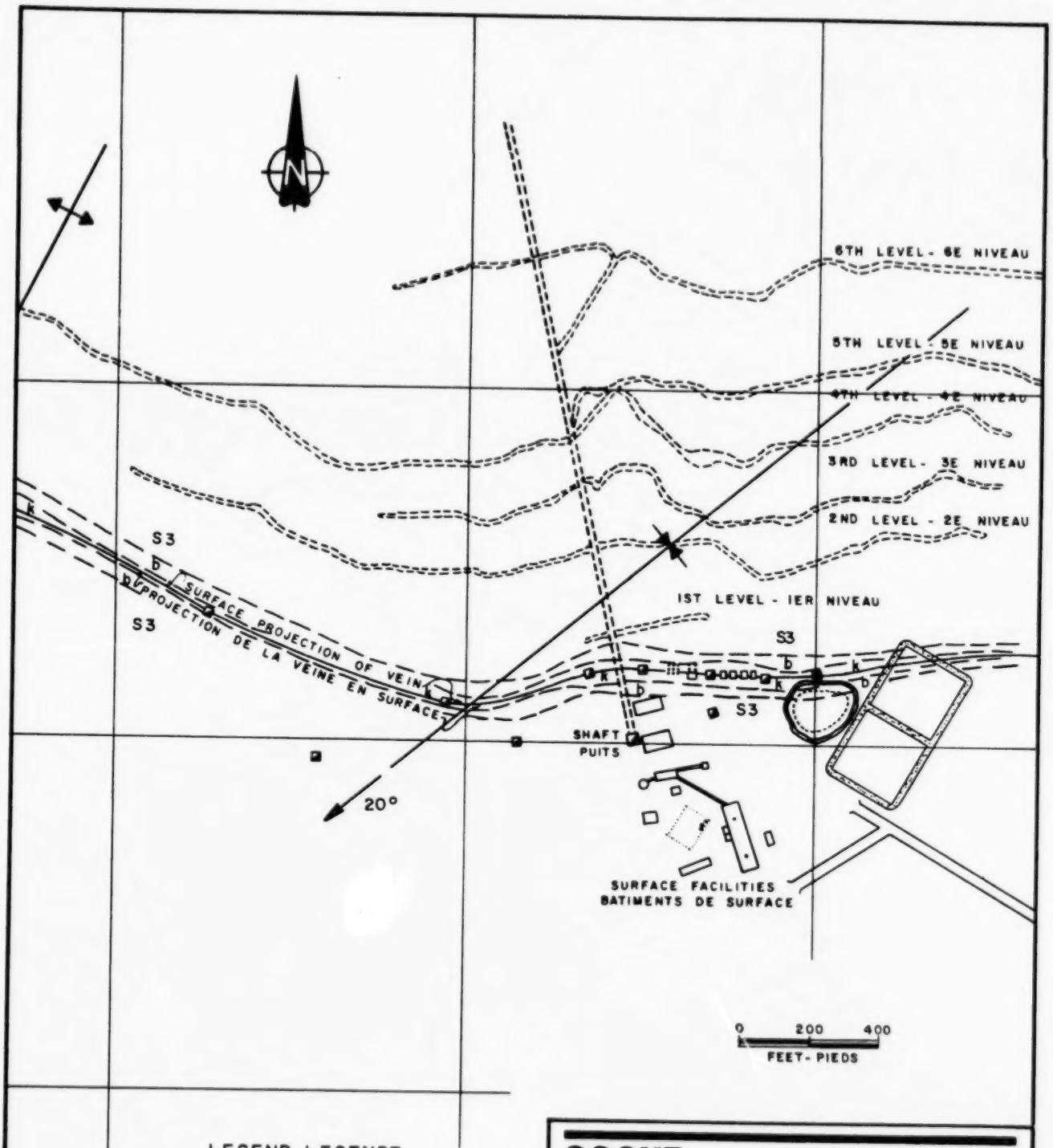
17.1 INFORMATIONS GÉNÉRALES

. Géologie

La propriété minière est située dans la province orogénique des Appalaches, soit plus précisément dans une bande de grauwacke orientée NE et datant du silurien. Au nord-ouest et au sud-est du grauwacke on retrouve respectivement des intrusions granitoïdes dévoniennes et des grès et conglomérats du pensylvanien. L'orogénèse acadienne a produit une séquence de plis serrés orienté N-NE avec un clivage de surface axiale bien développé. Les intrusions granitoïdes ont produit une auréole métamorphique de contact dans les zones minéralisées. Le faciès schistes verts caractérise la région minière.

. Géologie locale

La zone minéralisée est constituée de veines de quartz et stibnite qui recoupent à angle droit le grauwacke (voir figures 17.1 et 17.2). Un antiforme et un synforme formés durant l'orogénie acadienne caractérisent la région minière: les surfaces axiales de ces plis sont orientées respectivement à N20°E et N50°E. Des dykes de lamprophyse orientés E-O et montrant un pendage de 80°S et des dykes porphyriques de quartz & feldspath orientés NNO et montrant un pendage 80°SO recoupent la roche hôte.



LEGEND · LEGENDE

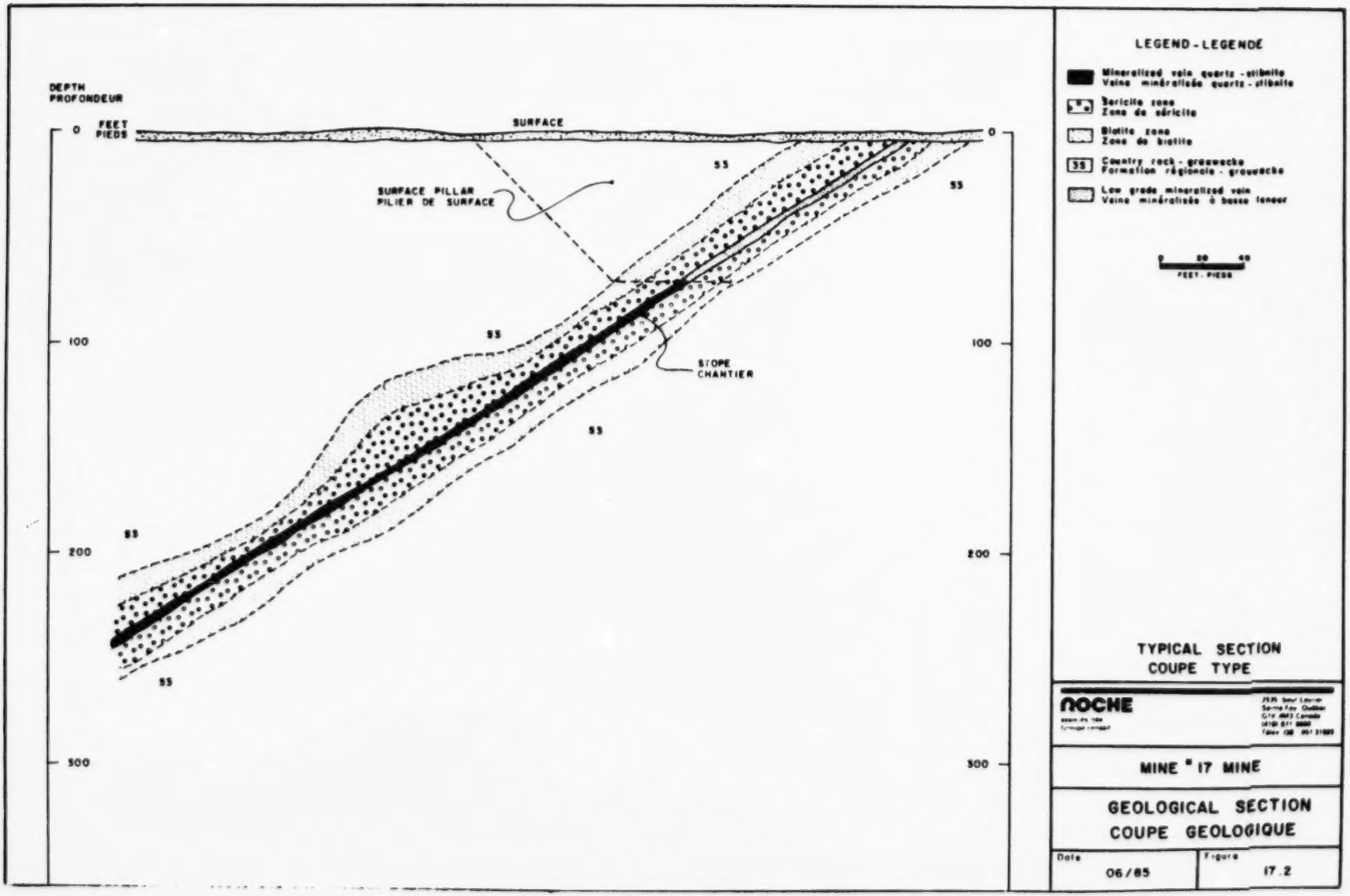
	Projected drift Galerie projetée
	Ventilation raise Monterie de ventilation
b	Biotite Biotite
k	Sericite Séricite
S3	Graywacke Grauwacke

NOCHE
associés ltée
Groupe-conseil
2535 boul. Laurier
Sainte Foy, Quebec
G1V 4M3 Canada
(418) 871 9600
Telex QB: 051 31593

MINE # 17 MINE

SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE

Date	Figure
06/85	17.1


DEPTH
PROFONDEUR
0
FEET
PIEDS
SURFACE
SURFACE PILLAR
PILIER DE SURFACE
SS
STOPE
CHANTIER
100
200
300
LEGEND - LEGENDE
Mineralized vein quartz - stibnite
Veine minéralisée quartz - stibnite
Sericite zone
Zone de séricite
Biotite zone
Zone de biotite
Country rock - greywacke
Formation régionale - greywacke
Low grade mineralized vein
Veine minéralisée à basse teneur
0
20
40
FEET - PIEDS
TYPICAL SECTION
COUPE TYPE
NOCHE
MINE " 17 MINE
GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE
Date
06/85
Figure
17.2

17.2 ENVIRONNEMENT MINIER

Les bâtiments de surface sont situés à environ 200 pi (60m) au sud du pilier de surface, soit du côté de l'éponte inférieure (voir figure 17.1). Un bassin de sédimentation est situé à environ 600 pi (180m) au sud est du pilier de surface. Du côté ouest, près de 10 000t de minerai de réserve reposent en partie au-dessus de la galerie du deuxième niveau.

Aucune mesure de tassement n'a été prise en surface et aucun signe évident d'instabilité n'a été observé dans la région du pilier de surface.

Une mine voisine abandonnée est située à environ 500 pi (150m) au sud-ouest de la partie ouest de la galerie du quatrième niveau. Cette mine est actuellement inondée.

17.3 MORTS-TERRAINS

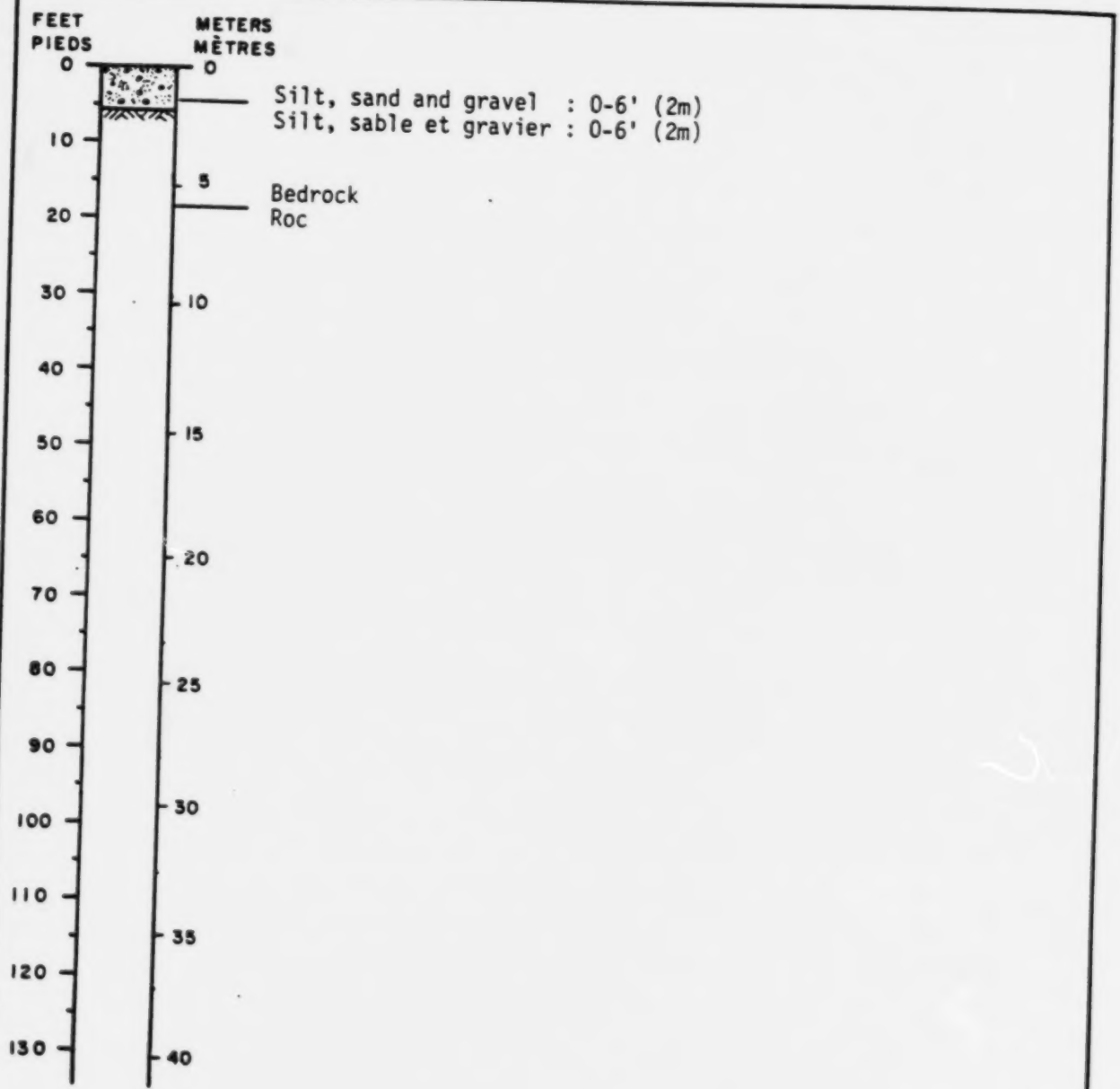
.Etudes et travaux

Aucune étude géotechnique n'a été exécutée sur la propriété minière.

.Stratigraphie et caractéristiques

L'épaisseur du mort-terrain recouvrant le pilier de surface varie de 0 à 6 pi (2m). Les sols sont composés de silt, sable et gravier (voir figure 17.3).

SOIL STRATIGRAPHY
STRATIGRAPHIE DU SOL



ROCHE associés ltée Groupe-conseil — 2535, boul Laurier, Sainte-Foy, Québec G1V 4M3 Canada (418) 871 5800 Télex : OBC 051 31583	MINE # 17 MINE	Date 07-1985	Figure 17.3

17.4 MASSIF ROCHEUX

. Nature des roches

Les roches contenant le gisement se détaillent comme suit:

éponte inférieure: grauwacke
gisement: veine de quartz & stibnite (antimoine)
éponte supérieure: grauwacke

Près de la veine exploitée, on observe une zone d'altération d'environ 400 pi (120m) d'épaisseur constituée d'une couche de silice (très mince), une zone de séricitisation et une zone à biotite (voir figure 17.2)

. Géologie structurale

Le pilier de surface est situé sur le flanc sud d'un synclinal orienté N50°E et plongeant à 20° SO (voir figure 17.1). Le gisement est localisé dans un des plans de fractures orientés E-O et développés durant les intrusions granitoïdes.

Les joints affichent des longueurs variables et sont pratiquement fermés. Une famille de joints a été identifiée: orientation: 300-320°
pendage: subvertical

Parfois les joints peuvent être humides et contenir un matériel de remplissage composé principalement de chlorite. D'après la direction, les valeurs de R.Q.D peuvent être qualifiées de bonnes à très bonnes.

.Caractéristiques

Aucune valeur géomécanique n'a été déterminée sur la roche hôte et le gisement. La densité des épontes varie entre 2,4 et 2,8 et celle du gisement est évaluée à 4,6.

17.5 CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES

.Mort-terrains

Les sols recouvrant les piliers de surface sont situés au-dessus du niveau piézométrique.

.Massif rocheux

L'assèchement de la mine ne pose aucun problème particulier. Environ 200 (US)GPM (13 l/s) et parfois des pointes de 300 (US)GPM (19 l/s) sont pompés pour maintenir les opérations à sec. Selon la direction minière, le massif rocheux possède un coefficient de perméabilité peu élevé.

17.6 OPERATIONS MINIERES

.Méthode(s) d'exploitation

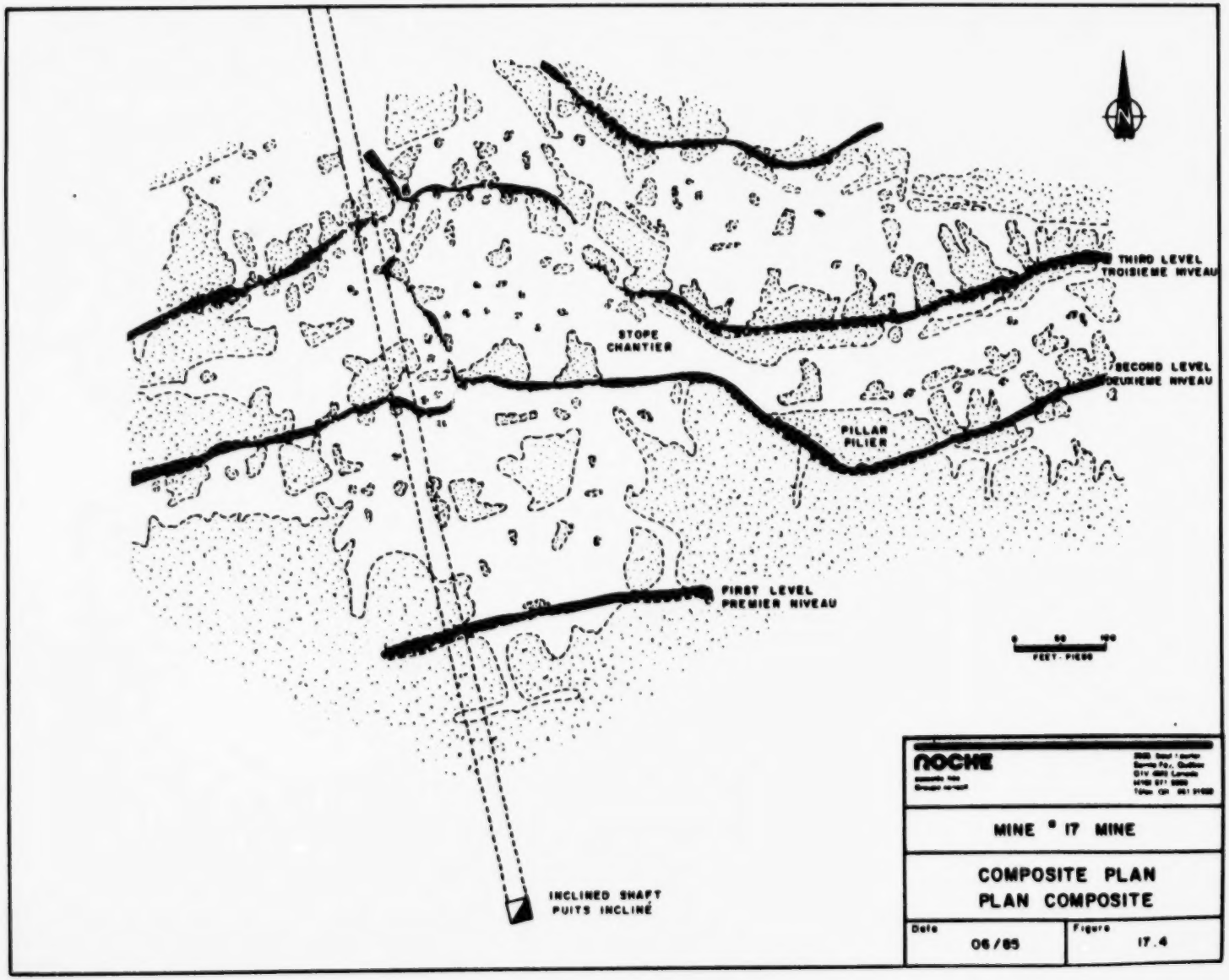
Le gisement est exploité par la méthode chambre et pilier: les piliers ont une distribution erratique et sont constitués généralement de stérile ou de minerai à basse teneur (voir figure 17.4).

.Conditions d'opération

Des racloirs sont utilisés pour acheminer le minerai vers le puits incliné. Les piliers situés en dessous du deuxième niveau sont distancés de 30 pi (9m) en moyenne et les niveaux sont espacés de 100 à 150 pi (30 à 46m).

La séquence de minage débute du haut vers le bas de la mine, tout en s'éloigant du puits à chaque niveau. Dans le haut du gisement, le pourcentage d'extraction variait entre 80 et 92% et la dilution était pratiquement nulle.

Le patron de forage utilisé est 30x30 po (76 x 76 cm) avec des trous de 8 pi (2,4m) de profondeur et 1¼ po (3,2cm) de diamètre.


THIRD LEVEL
TROISIEME NIVEAU
STOPE
CHANTIER
SECOND LEVEL
DEUXIEME NIVEAU
PILLAR
PILIER
FIRST LEVEL
PREMIER NIVEAU
INCLINED SHAFT
PUITS INCLINÉ
FEET - PIEDS
noche
MINE ° 17 MINE
COMPOSITE PLAN
PLAN COMPOSITE
Date
06/85
Figure
17.4

17.7 SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT

.Soutènement primaire

Les piliers distribués aléatoirement tout le long de la veine constituent le soutènement primaire.

.Remblayage et renforcement

Aucun remblayage n'est effectué dans cette mine. Des boulons conventionnels d'une longueur de 5 pi (1,5m) sont utilisés localement pour prévenir des chutes de blocs. A l'occasion des boulons résinés sont également utilisés.

17.8 PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE

.Mesure des contraintes

Aucune mesure de contraintes n'a été effectuée dans cette mine.

.Mesure des déplacements

Aucune mesure de déplacements n'a été prise dans cette mine.

.Autres programmes

Aucun programme particulier de contrôle n'a été développé car la direction minière considère que les conditions de terrain sont bonnes et que la roche est compétente. L'inspection visuelle annuelle constitue le seul programme de contrôle du pilier de surface.

17.9 CONCEPTION DU (DES) PILIER(S) DE SURFACE

. Personnel impliqué

L'exploitation du gisement est limité en pratique à un seul chantier suivant le pendage de la veine minéralisée. Le géologue effectue le contrôle de la teneur et indique les zones à exploiter et les piliers à laisser en place. La décision d'augmenter l'étendue ("span") du toit ou d'utiliser un patron particulier de boulonnage revient au surintendant de l'exploitation souterraine. L'organigramme de la figure 17.5 donne un aperçu des personnes impliquées dans la conception des piliers.

Aucune étude technique n'a été effectuée sur le pilier de surface.

. Etapes chronologiques

L'exploitation a débuté au premier niveau pour se poursuivre vers le bas. Aucune procédure spéciale n'a été suivie au cours de l'exploitation de la partie supérieure du gisement, i.e. le premier niveau.

. Facteurs de conception

Les facteurs de conception utilisés pour le dimensionnement sont basés sur l'expérience pratique et sur la distribution des teneurs en antimoine dans le pilier de surface. Ces dernières étaient trop faibles et les travaux d'exploitation ont été arrêtés à environ 70 pi (21m) de la surface.

ORGANIZATION CHART - PILLARS DESIGN
ORGANIGRAMME - CONCEPTION DES PILIERS

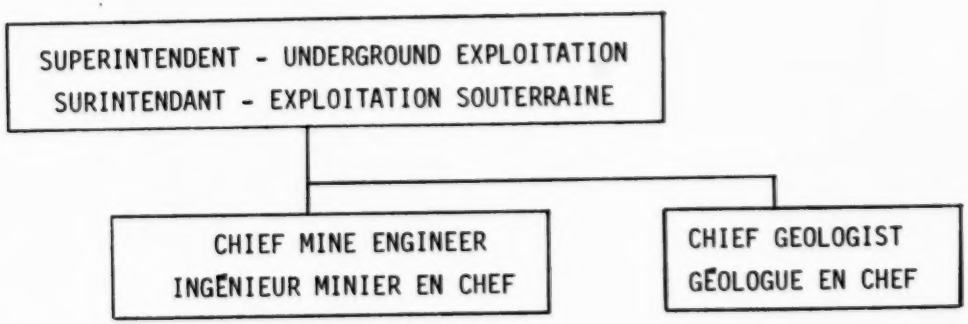


Figure 17.5

La direction a adopté une procédure de conception qu'elle applique pour la majorité des piliers laissés au travers de la veine:

pression de la roche:
1 psi/pi (2,3 kPa/m) vertical

compressibilité des piliers:
10 000 psi (68,9 MPa)
(incluant un facteur de sécurité de 3)

Considérant que la hauteur moyenne de minage est 5 pi (1,5m), les dimensions minimales des piliers devraient être deux fois la hauteur, i.e. 10 x 10 pi (3 x 3 m) de section horizontale.

Considérant une pente de 33°, la pression appliquée devrait être réduite par 1/3.

. Dimensions des piliers

L'unique pilier de surface montre un rapport épaisseur/largeur de 7. Le tableau 17.1 donne les dimensions du pilier et la hauteur du chantier sous-jacent.

DIMENSIONS OF SURFACE CROWN PILLARS

DIMENSIONS DES PILIERS DE SURFACE

TABLE 17.1
TABLEAU 17.1

DIMENSIONS		PILLARS - PILIERS							
		#1							
. THICKNESS: EPAISSEUR:									
- WATER BODY PLANS D'EAU	feet-pi. (m)	-							
- OVERBURDEN MORTS-TERRAINS	feet-pi. (m)	0-6 (0-2)							
. SURFACE CROWN PILLAR: PILIER DE SURFACE:									
- THICKNESS EPAISSEUR	feet-pi. (m)	70 (21)							
- WIDTH LARGEUR	feet-pi. (m)	10 (3)							
- LENGTH LONGUEUR	feet-pi. (m)	230 (70)							
- THICKNESS/WIDTH RATIO RAPPORT EPAISSEUR/LARGEUR		7							
. STOPE HEIGHT HAUTEUR DU CHANTIER	feet-pi. (m)	750 (229)							
. FILL HEIGHT HAUTEUR DU REMBLAI	feet-pi. (m)	0							

17.10 EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE

L'éponte supérieure du chantier est caractérisée par un massif rocheux fracturé où trois systèmes de joints sont facilement discernables. Ces trois systèmes varient en orientation et pendage selon les endroits visités. L'espacement variable des joints produit des blocs parallépipédiques de quelques pouces (cm) à environ un pied (0,3m) de côté. L'écartement est généralement faible (0,03 po ou 0,08 cm) et parfois on observe des matériaux de remplissage constitués de quartz et de chlorite. De nombreuses veines et veinules de quartz & chlorite recoupent le massif rocheux et les systèmes de joints. Les parois rocheuses sont sèches et aucun écoulement d'eau n'a été observé au niveau supérieure. Le R.Q.D. est estimé à 30-50%.

L'éponte inférieure montre des caractéristiques semblables à l'éponte supérieure.

Le contact gisement-éponte est net et le chantier suit parallèlement le pendage de la veine minéralisée.

Plusieurs blocs provenant du toit ou des murs étaient parsemés ici et là sur le plancher du premier niveau.

L'unique méthode de renforcement observée est la construction de cages de bois (12 x 12 pi ou 3,6 x 3,6m) destinées à soutenir les parties réputées instables du plafond.

17.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

L'exploitation de la veine d'antimoine ne pose aucun problème particulier pour l'instant et aucun remblayage n'est planifié dans l'immédiat. Les dimensions du pilier de surface ont été obtenues principalement par la distribution décroissante du minerai vers la surface, jusqu'à la teneur économique de coupure.

Les efforts ou les études sont plutôt dirigés vers le pilier ceinturant le puits incliné. Une attention particulière est portée sur les distances à respecter entre le puits et le chantier qui se poursuit régulièrement vers le bas.

MINE# 18

TABLE DES MATIERES

		PAGE
18.0	RESUME DE LA VISITE	480
18.1	INFORMATIONS GENERALES	482
	. Géologie régionale	
	. Géologie locale	
	. Caractéristiques du gisement	
18.2	ENVIRONNEMENT MINIER	486
18.3	MORTS-TERRAINS	487
	. Etudes et travaux	
	. Stratigraphie et caractéristiques	
18.4	MASSIF ROCHEUX	491
	. Nature des roches	
	. Géologie structurale	
	. Caractéristiques	
18.5	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	496
	. Morts-terrains	
	. Massif rocheux	
18.6	OPERATIONS MINIERES	497
	. Méthode(s) d'exploitation	
	. Conditions d'opération	
18.7	SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT	498
	. Soutènement primaire	
	. Remblayage et renforcement	
18.8	PROGRAMME(S) DE SURVEILLANCE	499
	. Mesure des contraintes	
	. Mesure des déplacements	
	. Autres programmes	
18.9	CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	500
	. Personnel impliqué	
	. Etapes chronologiques	
	. Facteurs de conception	
	. Dimensions des piliers	
18.10	EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE	504
18.11	COMMENTAIRES DE LA DIRECTION	505

18.0 RESUME DE LA VISITE

Le gisement exploité est un sulfure massif gisant dans la zone ouest d'une ceinture de roches vertes localisée dans la province du Supérieur. Le gisement a un fort pendage de 55-80° vers l'est et est orienté à peu près vers le nord. La mine est en exploitation depuis 1964 alors que le gisement a été découvert en 1959.

Le mort-terrain au droit de la mine a une épaisseur voisinant 260 pi (79 m) et comprend principalement des argiles glacio-lacustres recouvrant des sables et graviers fluvioglaciaires.

Le pilier de surface de la mine 18 a évolué beaucoup. D'abord, il y a eu une exploitation à ciel ouvert et ensuite une exploitation souterraine, après quoi, le gisement situé dans le pilier de surface a été exploité. Depuis, cette zone sert de lieu de disposition des rebus de la mine. Les dimensions du pilier de surface au fond de la mine à ciel ouvert sont: une largeur de 160 à 330 pi (50 à 100 m), une longueur d'environ 1.2 mi (2 km) et une épaisseur d'environ 100 pi (30 m). Naturellement, il y a plusieurs piliers qui soutiennent cette couverture de protection. Les chambres d'exploitation ont une largeur de 60 pi (18 m) et les piliers en ont 80 pi (24 m), alors que les hauteurs peuvent atteindre 260 pi (79 m), avec un pilier de couronne entre les niveaux d'environ 75 pi (23 m).

Plusieurs travaux techniques ont été réalisés à ce site comprenant des études hydrogéologiques, de mécanique des sols et de mécanique des roches.

Divers types d'instruments y ont été utilisés pour mesurer les contraintes naturelles dans le massif rocheux et les déformations associées aux travaux d'exploitation, à la fois des travaux de surface et souterrains.

Le principal critère de rupture utilisé est celui de Mohr-Coulomb. L'évaluation des contraintes et de la résistance des piliers a été basée sur des relations empiriques basées sur la géométrie du pilier et sur la répartition des charges selon la surface tributaire.

Une bonne connaissance de la géologie sructurale (à différentes échelles) a permis de bien prévoir les problèmes d'exploitation de la mine et donc, de bien cadrer les études de stabilité.

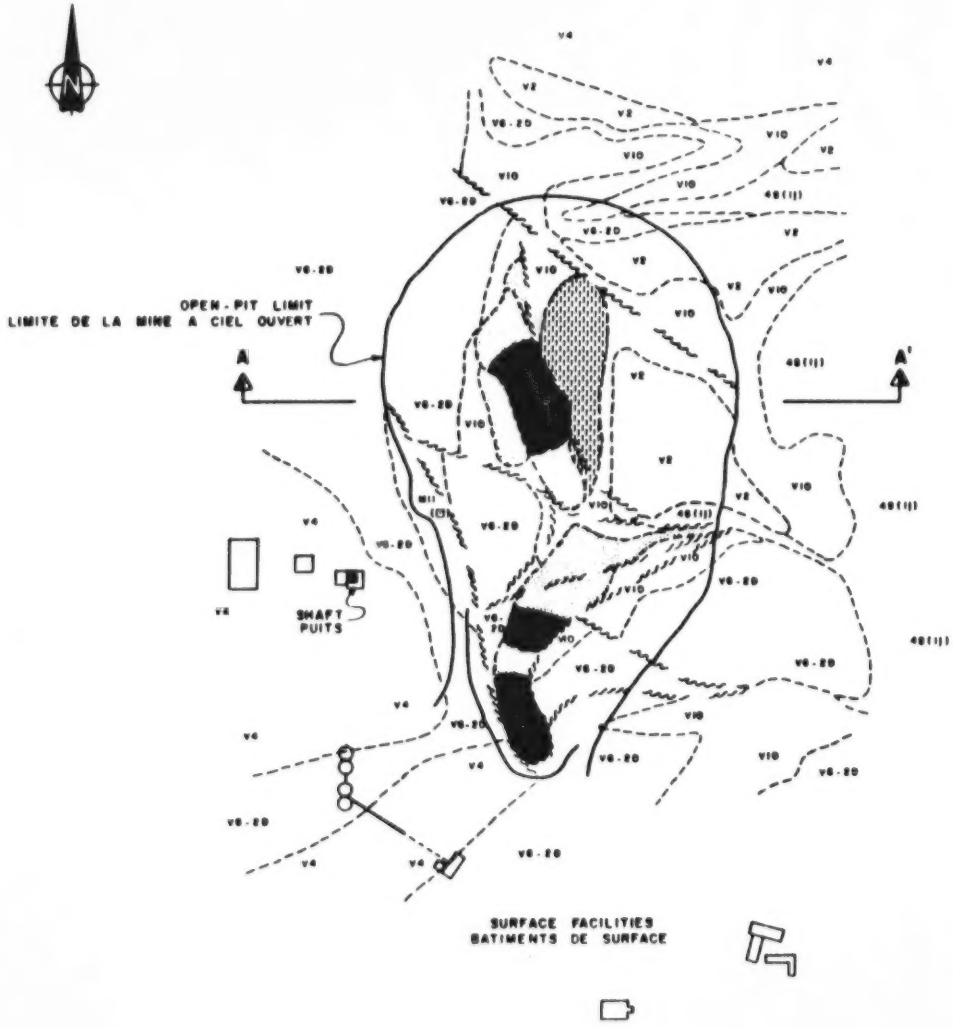
18.1 INFORMATIONS GENERALES

.Géologie régionale

La propriété minière no. 18 se situe dans une ceinture de roches vertes. Les roches de cette région sont connues pour être le lieu privilégié de plusieurs gisements d'or et de métaux de base du Bouclier Canadien. Dans cette région, les roches datent du Keewatin et sont principalement composées de roches volcaniques acides et felsiques. Ces roches volcaniques sont associées et recouvertes par des grauwackes dérivés principalement des roches volcaniques. Des sédiments (surtout des clastiques grossiers) du Témiscamien recouvrent en discordance ces roches.

.Géologie locale

Tel qu'indiqué à la figure 18.1, la zone minéralisée s'étire le long d'une bande orientée plus ou moins N-S et le gisement (figure 18.2) est fortement incliné. Le gisement se situe dans une zone d'épais empilement de roches volcaniques felsiques composées principalement de rhyolites volcanoclastiques recouvertes par du quartz porphyriques (ces deux unités sont naturellement métamorphisées). La minéralisation se retrouve surtout dans la partie supérieure des roches rhyolitiques dans un horizon carbonaté, zone complexe de mélange de roches volcaniques et sédimentaires. L'empilement felsique est recouvert par des andésites (figure 18.2).



LEGEND - LEGENDE

- Massive, banded and breccia ore / Minéralisation massive, laminée ou bréchiforme
- Carbonaceous, argillaceous horizon / Horizon carbonaté et argileux
- Chalcopyrite stringer ore / Minéralisation à veines et veinules de chalcopyrite
- MIRH — Quartz porphyry / Quartz porphyrique
- V2 — Massive rhyolite / Rhyolite massive
- V10 — Rhyolite, volcaniclastics / Agglomérats felsiques
- V4 — "Dacite" sequence / Dacite
- V6-20 — Andesite - diorite / Andésite - diorite
- 45(i) — Predominantly altered ultrabasic / Serpentinite à talc carbonaté
- Faults / Failles
- Stopes / Chantiers

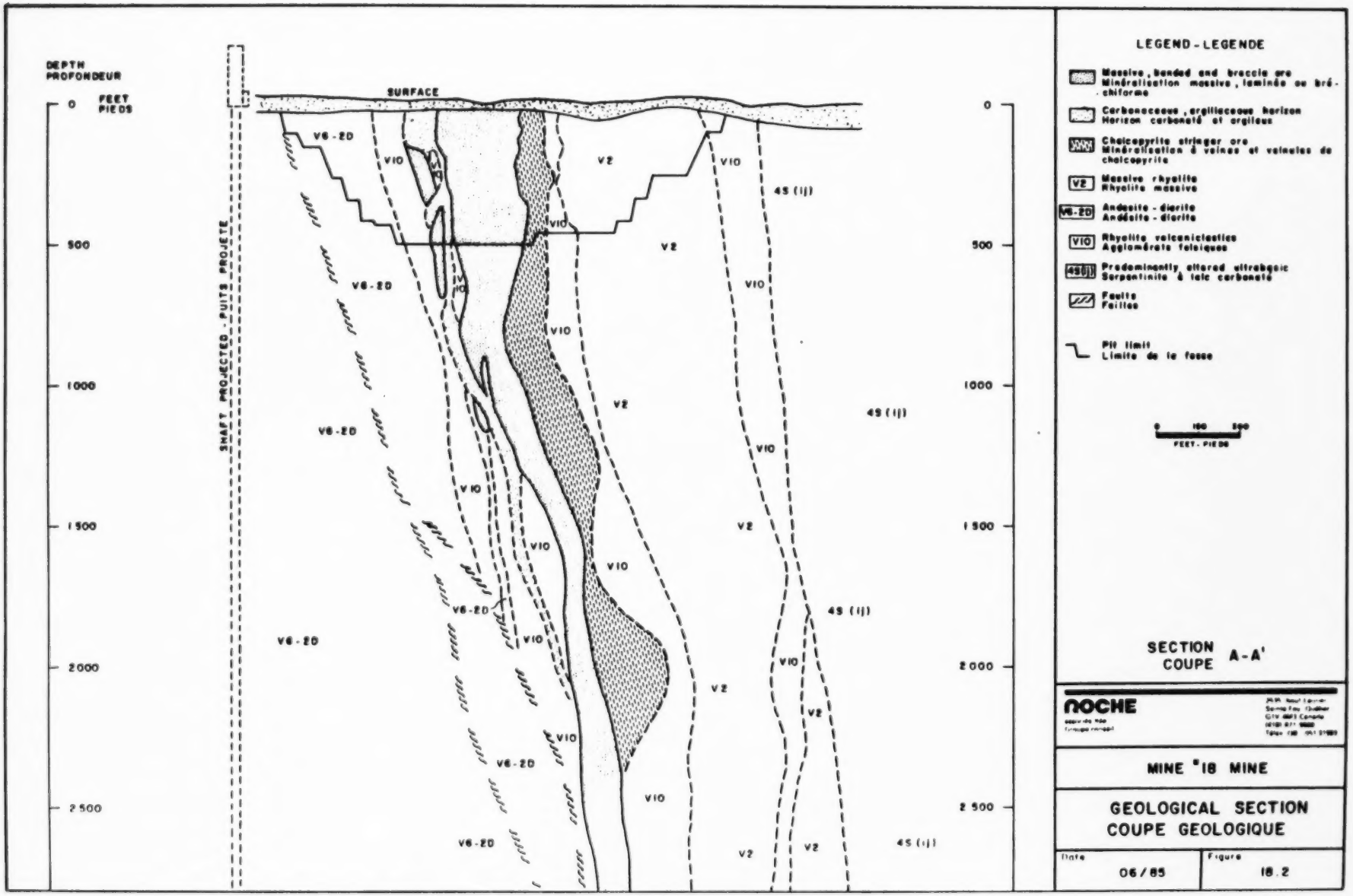
0 250 500
FEET PIEDS

NOCHE

MINE # 18 MINE

SURFACE PLAN
PLAN DE SURFACE

Date	Figure
06/85	18.1


DEPTH
PROFONDEUR
0 FEET
PIEDS
500
1000
1500
2000
2500
SURFACE
SHAFT PROJECTED - PUITS PROJETE
V6-2D
V10
V2
45 (ij)
LEGEND - LEGENDE
Massive, banded and breccia ore
Minéralisation massive, laminée ou bréchiforme
Carbonaceous, argillaceous horizon
Horizon carbonaté et argileux
Chalcopyrite stringer ore
Minéralisation à veines et veinules de chalcopyrite
Massive rhyolite
Rhyolite massive
Andesite - diorite
Andésite - diorite
Rhyolite volcaniclastics
Agglomérats felsiques
Predominantly altered ultrabasic
Serpentinite à talc carbonaté
Faults
Failles
Pit limit
Limite de la fosse
0 100 200
FEET - PIEDS
SECTION A-A'
COUPE
NORCHE
MINE "18 MINE
GEOLOGICAL SECTION
COUPE GEOLOGIQUE
Date
06/85
Figure
18.2

.Caractéristiques du gisement

Le gisement est un dépôt de sulfure massif avec des dimensions à la surface de 550 pi x 2200 pi (168m x 670m), contenant du zinc, cuivre, argent, étain, plomb et cadmium. Le gisement s'étire vers le nord avec un pendage vers l'est de 70-80° (figure 18.2). Le gisement effleure jusqu'à tout près de la surface où il n'est recouvert que par quelque 30 à 65 pi (10 à 20m) de mort-terrain. Il se retrouve en profondeur jusqu'à au moins 5250 pi (1 600m).

La mine présente des conditions particulières à propos du pilier de surface. La géométrie est telle qu'avant son minage, le pilier de surface était situé au fond de la mine à ciel ouvert. D'après quelques schémas de la compagnie, il semble que celle-ci considérait le pilier de surface comme étant uniquement la partie restante du gisement situé entre le fond de la mine à ciel ouvert et la partie supérieure de la mine souterraine. Le pilier s'étalerait tout le long de la mine à ciel ouvert (soit environ 1.2 mi: 2km) et aurait une largeur variant entre 160 et 330 pi (50 et 100m) pour une épaisseur d'environ 100 pi (30m). Dans un document, nous avons observé que le pilier de surface, tel que défini par la compagnie, inclu la partie inférieure de la mine à ciel ouvert.

18.2 ENVIRONNEMENT MINIER

La mine a été développée en surface et en sous-terrain. La zone, en plan, occupée par l'exploitation à ciel ouvert, est indiquée à la figure 18.1 et couvre une superficie de plus de 0.4 mi (1 km^2). L'exploitation à ciel ouvert s'est effectuée jusqu'aux environs du niveau 500 (150m). Par la suite, la compagnie minière a exploité la mine en sous-terrain en deux phases distinctes. Il y a environ dix ans, la compagnie décida de miner le pilier de surface par en dessous. L'environnement actuel de la mine est tel, que la mine à ciel ouvert sert de zone de renvois des stériles et des déblais. Le pilier de surface a été miné et les activités minières ne sont plus qu'en souterrain. La disposition des bâtiments de la mine est indiquée à la figure 18.1; aucun ne se trouve directement au-dessus du gisement.

18.3 MORTS-TERRAINS

.Etudes et travaux

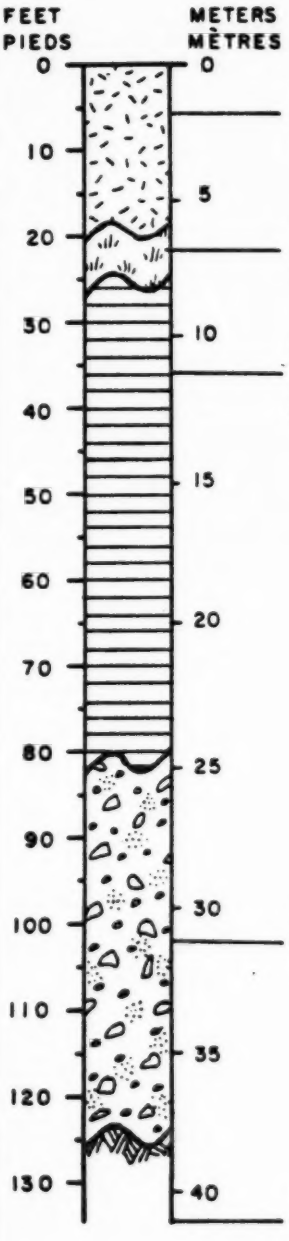
Il y a quelques années, la compagnie a engagé un bureau d'ingénieurs-conseil pour évaluer les conditions hydro-géologiques au pourtour de la mine à ciel ouvert. Plus d'une trentaine de sondages furent effectués, la plupart se limitant au dépôts meubles. Dans plusieurs cas, on mesura le niveau statique de l'eau dans les trous et on procéda à la cartographie de la nappe phréatique. Ce travail a permis d'identifier les zones plus perméables et d'apprécier l'épaisseur du mort-terrain au droit de la mine. A environ 330 pi (100m) du rebord de la mine, le niveau de l'eau est à 130 pi (40m) de profondeur alors qu'au fond de la mine à ciel ouvert, il est à environ 460 pi (140m) (par rapport à la surface).

Les forages effectués lors de cette étude ont permis de recueillir des échantillons de sols qui furent analysés en laboratoire. Les unités stratigraphiques au droit de la mine sont décrites au paragraphe suivant.

.Stratigraphie et caractéristiques

Le mort-terrain au droit de la mine est composé, à partir de la surface, de 3 à 15 pi (1 à 5m) de matériel de remplissage (unité 1), de 3 à 6 pi (1 à 2m) de tourbe brune foncée (unité 2), d'environ 30 à 100 pi (10 à 30m) d'argile lacustre stratifiée, de molle à raide (unité 3), et reposant sur 6 à 100 pi (2 à 30m) de sables, graviers et till (unité 4) (figure 18.3).

SOIL STRATIGRAPHY
STRATIGRAPHIE DU SOL



Fill	3 to 15 feet (1-5 m)
Remplissage	3 à 15 pi (1-5 m)
Organic soil	3 to 6 feet (1-2 m)
Sol organique	3 à 6 pi (1-2 m)
Clay	30 to 100 feet (10-30 m)
Argile	30 à 100 pi (10-30 m)
Sand and gravel	6 to 100 feet (2-30 m)
Sable et gravier	6 à 100 pi (2-30 m)
Bedrock	
Socle rocheux	

ROCHE
associés ltée
Groupe-conseil
2535, boul Laurier,
Sainte-Foy, Québec
G1V 4M3 Canada
(418) 871 9600
Télex : QBC 051 31583

MINE # 18 MINE	Date 07/85	Figure 18.3

Les résultats des analyses et essais effectués sur les différentes unités stratigraphiques sont compilés au tableau 18.1. Quelques travaux plus spécifiques pour la stabilité des pentes ont permis d'obtenir quelques données sur la résistance au cisaillement non-drainé de l'argile. Dans la croûte de surface, d'environ 10 pi (3 m) d'épaisseur, la teneur en eau varie de 12-24% et le poids spécifique est de 130 lbs/pi^3 (20 KN/m^3). La résistance au cisaillement non-drainé atteint jusqu'à 3.5 KSF (168 KN/m^2) (mesurée au scissomètre).

TABLE 18.1
TABLEAU 18.1

SOILS CHARACTERISTICS
CARACTERISTIQUES DES SOLS

CHARACTERISTICS / PROPRIETES	UNITES 1	2	3	4
Classification	-	-	CL	SW
Unit weight / Poids unitaires	-	-	104-118 lbs/pi ^{3} (16-18 KN/m^3)	-
Wp (%)	-	-	17-26	-
Wl (%)	-	-	38-50	-
W (%)	-	-	34-64	-
Cu	-	-	0.2-1.1 KSF (10-53 KN/m^2)	-
C'(psi)	-	-	2 psi (14 KPa)	-
Ø	-	-	25°	-
St	-	-	3-6	-
SPT	-	-	-	35-75
K (cm/s)	-	-	10^{-8}	10^{-4}-10^{-5}

18.4 MASSIF ROCHEUX

.Nature des roches

La zone minéralisée comprend trois types de roches:

1. Des sulfures massifs laminés et bréchiformes (unité en gris).
2. Une zone composée d'horizons carbonatés et argileux (située dans la partie inférieure).
3. Une zone à veines et veinules de chalcopyrite située dans la partie supérieur de la zone minéralisée.

Cette zone minéralisée est imbriquée dans les rhyolites volcanoclastiques (unité V10). L'éponte supérieure comprend en plus une rhyolite massive (V2) et l'éponte inférieure est constiuée d'un complexe d'andésite- diorite (V6-2D).

Dans l'éponte inférieure et supérieure, l'altération notée est du type chloritisation et silicification, alors que dans le gisement, il y a plutôt des évidences de recristallisation.

.Géologie structurale

Les zones de failles ou de cisaillement s'inclinent fortement. Dans la région de la zone d'exploitation à ciel ouvert, les zones de cisaillement s'inclinent de 70-80° vers l'est. Une partie de l'éponte supérieure a un pendage qui peut être aussi faible que 55°. Dans la zone d'andésite-rhyolite de l'éponte supérieure, un relevé des discontinuités indique trois familles de joints avec les orientations suivantes:

Direction des joints et pendage

1. 291°/41°
2. 142°/90°
3. 352°/84°

Le tableau 18.2 résume les caractéristiques structurales des épontes et du gisement. Les forces tectoniques agissant actuellement dans le massif rocheux sont compilées au tableau 18.3, et indiquent que l'axe des contraintes majeures est à peu près dans la direction E-O. Avec la profondeur, la magnitude varie légèrement, alors que l'orientation change beaucoup.

.Caractéristiques

Les résultats compilés d'essais de mécanique des roches sont présentés au tableau 18.4. Les valeurs de résistance en compression sont données seulement pour les essais réalisés sur des échantilons de 4,1cm de diamètre; à plus fort diamètre, les valeurs sont naturellement plus faibles et plus représentatives. La plupart des unités apparaissent très compétentes sauf les rhyolites qui présentent un R.Q.D. plutôt faible.

TABLE 18.2 STRUCTURAL DATA - JOINTS
TABLEAU 18.2 DONNEES STRUCTURALES - JOINTS

Characteristics Caractéristiques	Foot wall Eponte inférieure	Orebody Gisement	Hanging wall Eponte supérieure
Spacing in. Espacement (cm)	3 - 36 (8 - 91)	3 - 36 (8 - 91)	10 25
Aperture Ouverture	Tight Serré	tight Serré	tight Serré
Continuity Continuité	Continuous Continu	Continuous Continu	At random Aléatoire
Joint set number Nombre de familles de joints	2(3)	2(3)	-
Infilling Remplissage	Quartz-limestone Quartz-carbonate	Quartz-limestone Quartz-limestone	Quartz Quartz

TABLE 18.3 "In situ" stress

TABLEAU 18.3 Contraintes "in situ"

	σ_1		σ_2		σ_3	
Depth Profondeur pi (m)	KSI(MPa)	strike/dip dir./pen.	KSI(MPa)	strike/dip dir./pen.	KSI(MPa)	Strike/dip dir./pen.
1600 (488)	4.8(33)	094/06	3.9 (27)	186/23	1.6 (11)	350/60
2400 (732)	10.6(73)	258/19	9.4 (65)	358/25	4.9 (34)	135/58
2800 (853)	7.7 (53)	250/10	7.5 (52)	342/09	2.7 (19)	112/27
2800 (853)	7.7 (53)	077/12	5.8 (40)	170/18	2.3 (16)	318/70

TABLE 18.4
TABLEAU 18.4

GEOMECHANICAL CHARACTERISTICS CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉCANIQUES					
Rock type Type de roche	Density Densité	RQD RQD %	Qu Qu (KSI) (MPa)	E E (GPa)	u u
Andésite/ diorite	2.96	82	29 (202)	12 (81)	0.23 0.14
Serquanite	2.70	72	21 (147)	12 (81)	0.14
Andésite/ diorite Shear zone Zone de cisaillement	2.85	-	17 (117)	12 (81)	-
Orebody Gisement	3.33	83	23 (159)	11 (73)	0.21
Rhyolite	2.75	50	8 (53)	7 (50)	-
Rhyolite/ tuff	2.70	-	24 (127)	11 (74)	

18.5 CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES

Une étude hydrogéologique fut effectuée vers la fin des années 70. De plus, lors des travaux géotechniques visant à l'étude de la stabilité des pentes de la mine à ciel ouvert, quelques piézomètres furent installés.

.Morts-terrains

Dans le mort-terrain, le niveau de l'eau est très bas, soit à environ 66 pi (20m) de profondeur. La stratigraphie a révélé la présence de couches plutôt imperméables avec des perméabilités de l'ordre de 10^{-8} cm/s. L'arrivée d'eau dans la mine est habituellement de 330 (I) GPM (25 l/s) mais plusieurs millions de litres peuvent entrer dans la mine lors de la fonte printanière où lors de pluies abondantes.

.Massif rocheux

En 1973, une étude géotechnique a indiqué que la majeure partie de la mine à ciel ouvert était à sec. Un puits situé au fond de l'excavation (dans le gisement) a vu le niveau d'eau atteindre environ 43 pi (13m) sous le niveau du collet. Dans ce puits, un essai en place de perméabilité (essai à tête variable) a donné des valeurs de 3.5 et 9.8 x 10^{-6} cm/s. De tels résultats seraient typiques d'une roche compacte et relativement peu perméable. Il n'y a pas d'autres valeurs disponibles pour différentes lithologies.

18.6 OPERATIONS MINIERES

.Méthode(s) d'exploitation

Initialement, les travaux miniers ont été effectués pour extraire le minerai dans la zone de la mine à ciel ouvert pendant que l'on développait les chantiers souterrains. La mine souterraine est développée par niveaux étagés à tous les 400 pi (122m) commençant au niveau de 800 pi (244m) avec des sous-niveaux espacés de 100 pi (30m). La méthode de dynamitage est celle à chambres ouvertes. Ainsi, on obtient des chambres de 60 pi (18m) laissant un pilier de couronne de 85 pi (26m) entre les niveaux d'exploitation. Il est prévu de remplir les chambres par du stérile cimenté avant de miner les piliers.

.Conditions d'opération

Pour le dynamitage des chambres, on a utilisé des forages de 8 po (20cm) de diamètre et d'une longueur de 132 pi (40m). Le facteur de poudre est estimé à 13 lbs/t (6kg/t). Le dégagement de la chambre commence toujours par le perçage d'une voie d'accès de 6 pi (1.8m) de diamètre du niveau principal jusqu'au sous-niveau le plus élevé. Une fente de 10 pi (3m) de large est ainsi forée à l'aide des trous de 8 po (20cm) espacés à tous les 8 pi (2.4m) avec un recouvrement de 7 pi (2.1m), totalisant ainsi 16 trous. Les principaux anneaux de forages avec de tels trous sont espacés à tous les 17 pi (5.1m) et un recouvrement de 15 pi (4.5m). Près des anciens champs d'abattage, la grille de forage est plus serrée afin de minimiser les dommages aux parois. Le taux de dilution est estimé à 10% et on prévoit récupérer 100% du minerai.

18.7 SOUTENEMENT ET METHODES DE RENFORCEMENT

.Soutènement primaire

Le soutènement primaire est assuré par les piliers dont les dimensions ont été indiquées auparavant.

.Remblayage et renforcement

Dès que le minerai est extrait, les chantiers sont remblayés par des stériles. Le remblai contient 20% de roches et de sable et 80% de stériles concassés avec des dimensions maximales de 6 po (15cm) et mélangés à du ciment. Le sable est ajouté dans certains cas pour augmenter les quantités de fines.

Le renforcement est choisi au besoin et consiste de boulons d'ancrage de 6 pi (1.5m) de long espacés à tous les 4 pi (1.2m).

18.8 PROGRAMME DE SURVEILLANCE

.Mesure des contraintes

La mesure des contraintes dans la mine a été faite par des mesures "in situ" des contraintes à l'aide de trois (3) CSIR-doorstopper au niveau de 1690, 2400 et 2800 (488m, 731m et 853m). Les résultats ont déjà été fournis au tableau 18.3. Par la suite, la perception de la redistribution des contraintes était évaluée à l'aide d'extensomètres.

.Mesure des déplacements

Dans la mine à ciel ouvert, il y a eu plusieurs cibles géodésiques qui ont été installées avant le dynamitage du pilier de surface, dans le fond du trou, afin de suivre l'évolution des déformations. Au total 56 cibles ont été installées entre 1973 et 1976; elles étaient lues par des appareils "geodimeter" 700 et 710 à environ tous les mois.

Dans la mine souterraine, il y a eu six (6) extensomètres d'installés au niveau 800, afin d'évaluer la redistribution des contraintes lors du dynamitage des chambres et des piliers.

18.9 CONCEPTION DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE

.Personnel impliqué

Dans la conception de la mine et plus particulièrement de la mine à ciel ouvert et du pilier de surface sous-jacent, les ingénieurs miniers, les géologues et les géotechniciens, surtout les mécaniciens des roches, étaient très impliqués.

Pour certains aspects particuliers, la compagnie a fait appel aux services de firmes de consultants (hydrogéologie et mécanique des sols) ou encore a participé avec CANMET à plusieurs travaux de recherche.

.Etapes chronologiques

L'exploitation du gisement dans sa partie supérieure s'est affectuée selon les étapes suivantes:

- -Exploitation par mine à ciel ouvert
- -Exploitation en souterrain au niveau 800 et plus bas.
- -Exploitation du pilier de surface

Dans tous les cas qui nous concernent, le pilier de surface initial a été totalement exploité. Dans ce cas-ci, il existe toujours un pilier de surface mais après l'exploitation, il ne contient plus de gisement et surtout, ses caractéristiques géomécaniques ont été fortement modifiées, la zone d'exploitation étant remblayée. La partie critique de la conception était la prévision du comportement du massif rocheux lors du dynamitage du pilier de surface.

A cet effet, plusieurs études de terrain ont été réalisées et elles ont été couplées à des travaux de simulation, à l'aide de programmes 2D et 3D en éléments finis. Ainsi, on a pu évaluer les différentes situations géomécaniques du pilier de surface (figure 18.4):

- -Transfert des contraintes sur le pilier de surface lors de l'excavation de la mine à ciel ouvert.
- -Transfert des contraintes dans les piliers latéraux lors de l'excavation des chambres.
- -Transfert des contraintes sur les piliers latéraux adjacents lors du dynamitage séquentiel des piliers et évaluation du support exercé par les chambres remblayées par des stériles cimentés.

.Facteurs de conception

Lors de ces calculs, on a utilisé le critère de rupture de Mohr-Coulomb avec un angle de frottement moyen de 28.8 et une plage de cohésion variant de 60 à 260 psi (0.39 à 1.84 MPa) et un poids spécifique moyen de 18 lbs/pi^3 (2.9 kN/m^3).

Pour le dimensionnement des piliers, les contraintes horizontales ont été mesurées à quelques niveaux et la relation suivante a été utilisée:

$$\sigma H \text{ (MPa)} = 8 + 0.041 \text{ H}$$

où H est la profondeur en mètres. Les contraintes appliquées sont évaluées à partir de la méthode de la répartition des contraintes par la surface tributaire.

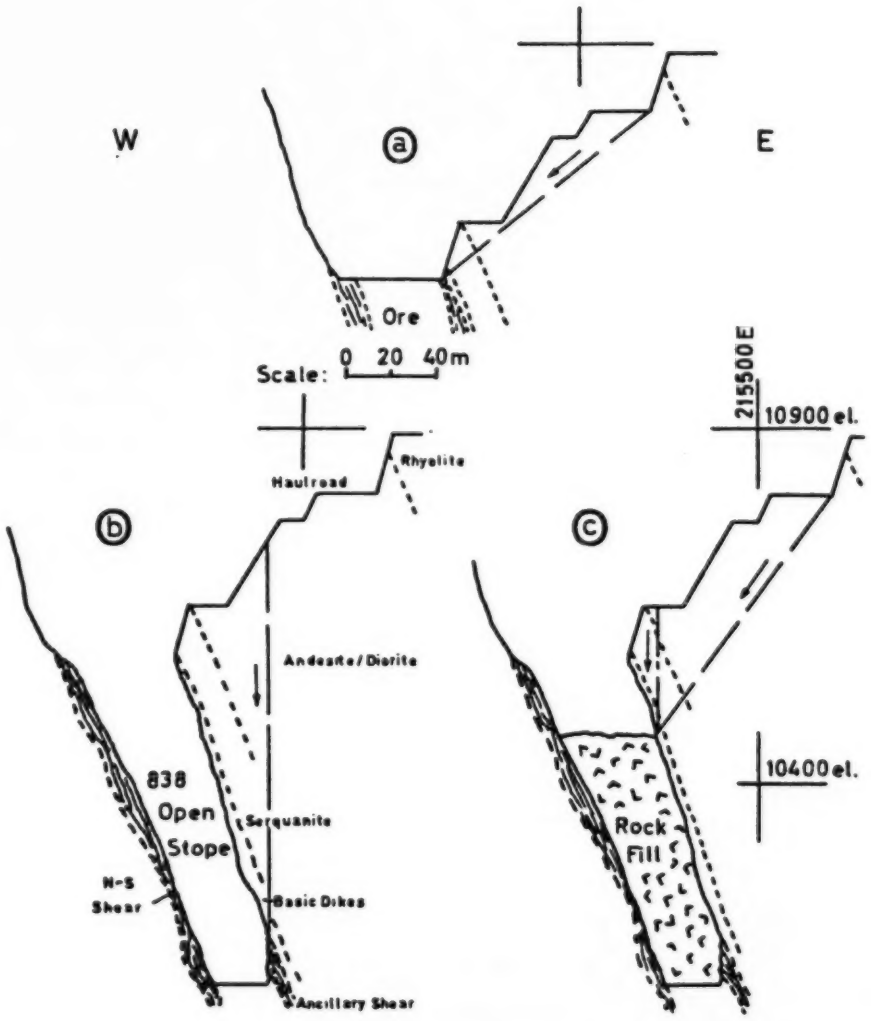


Figure 18.4 Potential failure plans
Plans de rupture potentiels

Ainsi, pour les piliers centraux, la contrainte supportée serait de:

$$\sigma P = \sigma H/(1-R)$$

où σP est la contrainte moyenne agissant sur le pilier (en MPa), et R, le rapport d'extraction.

La résistance du pilier est évaluée à l'aide de la relation empirique suivante:

$$Qu = \alpha K\ W^2/\ H^b$$

où Qu est la résistance du pilier (en MPa), W, la largeur du pilier (en m), H, la hauteur du pilier (en m) et αK, la résistance de 0.305 mètre cube de roc. Les lettres a et b sont des constantes. La relation obtenue pour la mine no. 18 est la suivante:

Si b = 0.65 $\quad Qu = 0.837\ K\ W^{0.5}/H^{0.65}$

Si b = 0.75 $\quad Qu = 0.743\ K\ W^{0.5}/H^{0.65}$

Les dimensions des piliers varient d'un secteur à l'autre et a déjà été fournie auparavant.

. Dimensions du(des) pilier(s) de surface

Avant leur extraction, les piliers de surface délimités par les chantiers sous-jacents montraient les dimensions suivantes:

Longueur	:	variable
Largeur	:	60 pi (18m)
Epaisseur	:	100 pi (30m)
Rapport épaisseur/largeur	:	1.7

18.10 EVALUATION VISUELLE DU(DES) PILIER(S) DE SURFACE

Ne s'applique pas pour cette mine.

18.11 COMMENTAIRES DE LA DIRECTION

La direction de la compagnie considère qu'il est très important de bien intégrer les connaissances sur la géologie et les propriétés géomécaniques des massifs rocheux. Les membres de la direction ont insisté sur l'importance de bien comprendre la géologie structurale du gisement et des épontes, afin de bien réaliser comment va se débiter le massif lors de l'exploitation et surtout comment l'histoire tectonique (plis, failles) viennent influencer les opérations minières.